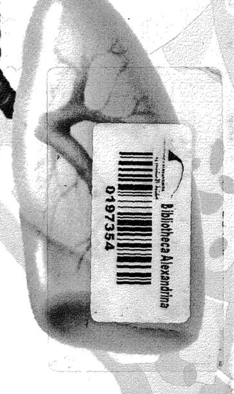
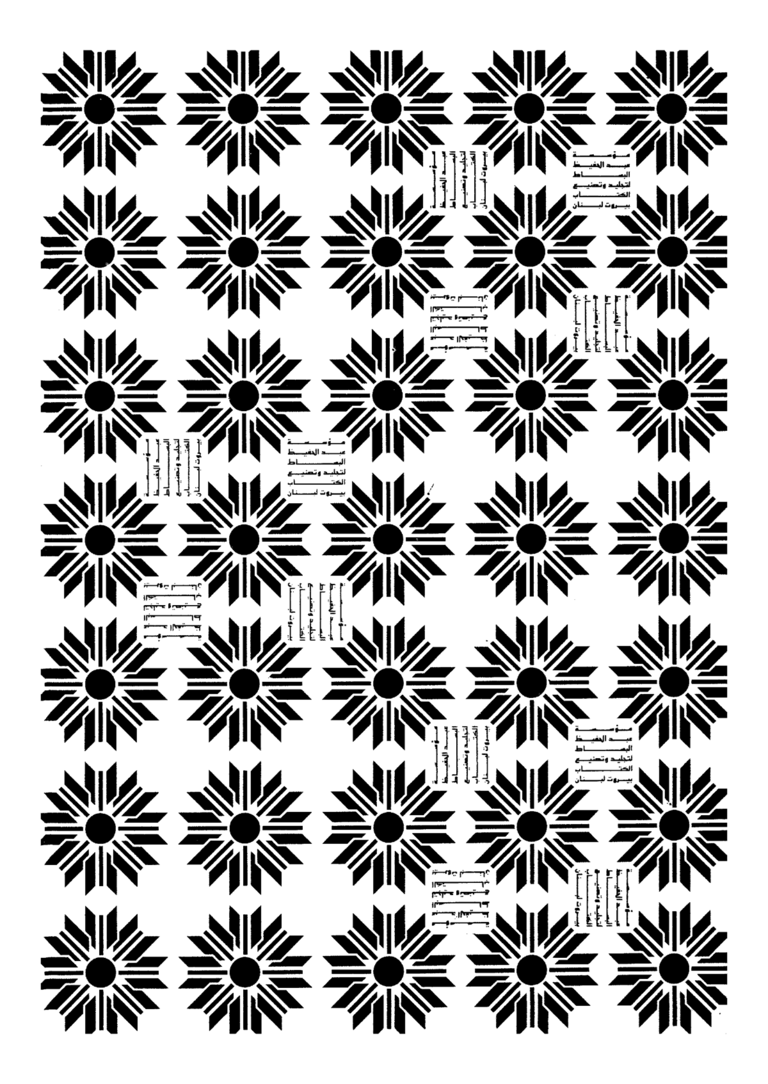
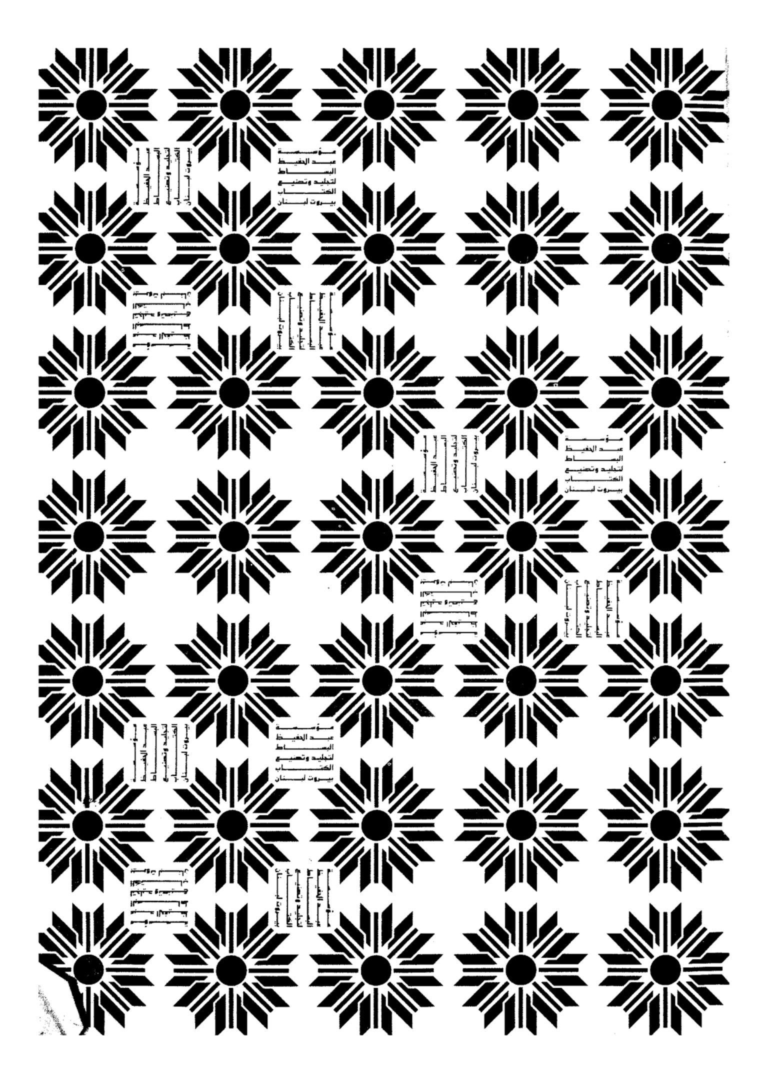
عايدة عبدالهادي

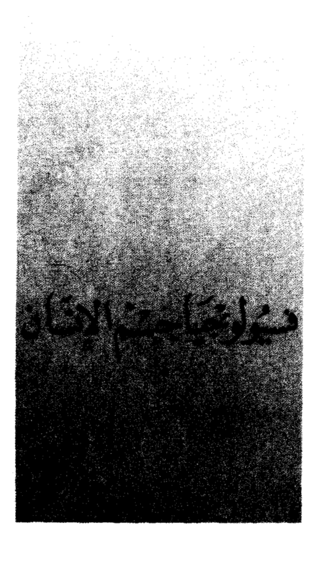
فسيولوجيا جسم الإنسان






مؤسسة
عبد الحفيظ
البساط
لتجليد وتصنيع
الكتاب
بيروت لبنان


مؤسسة
عبد الحفيظ
البساط
لتجليد وتصنيع
الكتاب
بيروت لبنان


فسيولوجيا جسم الإنسان

فسيولوجيا جسم الإنسان

عايدة عبد الهادي

الشروق
2001

رقم التصنيف: :

المؤلف ومن هو في حكمه: عايدة عبد الهادي

عنوان الكتاب: فسيولوجيا جسم الانسان

الموضوع الرئيسي: 1-

-2

رقم الإيداع: 1998 / 8 / 1249

بيانات النشر : عمان: دار الشروق

● تم إعداد بيانات الفهرسة الأولية من قبل المكتبة الوطنية

ردمك ISBN 9957 - 00 - 014 -4

● فسيولوجيا جسم الإنسان .

● عايدة عبد الهادي .

● الطبعة العربية الأولى : الإصدار الاول ، 2001 .



دار الشروق للنشر والتوزيع

هاتف : 4618190 / 4618191 / 4624321 فاكس : 4610065

ص .ب : 926463 الرمز البريدي : 11110 عمان - الاردن

دار الشروق للنشر والتوزيع

رام الله : المنارة - شارع المنارة - مركز عقل التجاري هاتف 02/2961614

نابلس : جامعة النجاح - هاتف 09/2398862

غزة : الرمال الجنوبي قرب جامعة الأزهر هاتف 07/2847003

◆ التنضيد والإخراج الداخلي وتصميم الغلاف وفرز الألوان و الأفلام :

الشروق للدعاية والإعلان والتسويق / قسم الخدمات المطبعية

هاتف : 4618190/1 فاكس 4610065 / ص .ب . 926463 عمان (11110) الأردن

Email : shorok Jo@nol.com.Jo

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ووَصَّينَا الإنسانَ بوَالديهِ حملتهُ أُمّهُ وَهناً على وهنٍ وفصالهُ في عَامَينِ أنِ آشكُر لىَ ولوَالديكَ إلىّ المصَيرُ﴾

صدق الله العظيم (أية ١٤ من سورة لقمان)

تكريماً لروح أبي الطاهرة التي اختارها الله سبحانه وتعالى إلى جواره قبل أن ترى ثمار البذور التي زرعتها، وتقديراً لحبات العرق التي بذلها أبي حتى أصل إلى بداية طريق الحياة ... أهدي كتابي هذا، والله ولي التوفيق.

المؤلفة

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

أختي القارئة ، أخي القارئ

ما يزال الإنسان وسيبقى خلقاً وتكويناً منذ بدء الخليقة من أهم الدلائل على عظمة الخالق ، وآية من آيات الله الدالة على قدرته العظيمة ، وليس أدل من ذلك قوله تعالى : **﴿وفي أنفسكم أفلا تبصرون﴾** صدق الله العظيم . (الذاريات ٢١) .

وإذا كان الإنسان بعلمه وما اشتملت عليه ثورة المعلومات قد تمكن من أن يسبر غور كثير من الحقائق العلمية ، فإنه سيظل مبهوراً بدقة تكوين جسمه ووظائف أعضائه ، الذي يبدأ بخلية ملقحة ، تنقسم انقسامات متتالية مكونة الجنين ، وهذا بدوره ينمو ويتشكل في رحم الأم إلى أن يصبح إنساناً كاملاً بعد أشهر الحمل .

يتكون جسم الإنسان من مجموعة من الأجهزة ، ولكل جهاز عمله الخاص به ، كما يتكون كل جهاز من عدة أعضاء يقوم كل عضو فيها بعمل محدد ، ويتكون كل عضو من مجموعة من الأنسجة ، وكل نسيج له وظيفة معينة ، ويتكون كل نسيج من عدة خلايا ، فالخلية هي وحدة البناء والوظيفة في جسم الكائن الحي . فما أعظم قدرة الخالق عز وجل على هذا التنظيم الدقيق والعمل المتناسق بين مختلف أجهزة الجسم ، كما سيتضح لك من خلال عرض هذا الكتاب . ومن الأمثلة على ذلك التنسيق الذي يحدث بين الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء (الهرموني) ، مما يؤدي الى الإتزان البدني ، كما أن الربط بين بلايين الخلايا المكونة للجسم يعتبر دليلاً واضحاً على التنسيق بين الأجهزة ، ولنتصور ماذا يمكن أن يحدث لو تركت كل خلية تؤدي عملها بطريقتها الخاصة بمعزل عن بقية خلايا الجسم الأخرى! لا بد والحالة هذه أن تعم الفوضى في جسم الإنسان ، ويفقد خاصية التناسق التي أوجدها الخالق سبحانه وتعالى .

وقد حاولت في هذا الجهد المتواضع أن أسهم بوضع هذا الكتاب بين يدي القراء وطلبة الكليات العلمية في الجامعات والمعاهد ، وضمنته العديد من الرسومات والأشكال والجداول التوضيحية ، واختتمت كل فصل بخلاصة تتضمن أهم المفاهيم والمعلومات التي وردت فيه ، وأسئلة للتقويم الذاتي حتى يتمكن الطالب من تعلمه ، كما أوردت إجابات عن هذه الأسئلة في نهاية الكتاب . ووضعت في نهاية كل فصل أسئلة للمراجعة ليجيب عنها الطالب استكمالاً لتأكيد تعلمه واستيعابه لمادة الفصل ، واختتمت الكتاب بسرد للمصطلحات العلمية التي وردت فيه ، والمراجع التي استندت إليها في إعداد هذا الكتاب .

ويشتمل الكتاب على خمسة عشر فصلاً هي :

الفصل الأول : كيمياء الحياة

يتضمن هذا الفصل العناصر الضرورية لنمو الحيوان ، بما فيها الماء ، كما يتضمن أيضاً الأيونات غير العضوية والجزيئات العضوية في الخلية ، إضافة إلى الأحماض الأمينية والبروتينات موضحاً فيها التركيب الأولي والثانوي للبروتين .

الفصل الثاني : الخلية الحيوانية

يتضمن هذا الفصل المعلومات الأساسية المتعلقة بالخلية الحيوانية ، نظرية الخلية ، وكيفية دراستها ، وصفاتها الأساسية ، وتصنيفها ، وحجومها ، وأشكالها ، وتركيبها ، ومحتوياتها .

الفصل الثالث : الانقسامان المتساوي والمنصف .

يتضمن هذا الفصل تعريفاً بأهم المصطلحات الخاصة بانقسام الخلية ، ومراحل الانقسامين المتساوي والمنصف مركزاً على أهم الأحداث التي تميز كل مرحلة من هذه المراحل ، وأهمية كل من هذين الانقسامين ، وتكوّن الحيوان المنوي والبويضة .

الفصل الرابع : الأنسجة الحيوانية

يتضمن هذا الفصل الخلايا الطلائية مصنفة حسب أشكالها ، وأنواع النسيج الطلائي ، مع صفات كل نوع ، والأنسجة الضامة بأنواعها المختلفة مع صفات كل نوع ، والأنسجة العضلية بأنواعها الثلاثة مع ميزات كل منها ، والأنسجة العصبية ، تركيبها وأهميتها .

الفصل الخامس : الجهاز الهضمي

يتضمن هذا الفصل وظائف الجهاز الهضمي ، ومكوناته ، وتركيب ووظائف هذه المكونات ، كما يتضمن أيضاً الهضم ، والامتصاص .

الفصل السادس : الجهاز التنفسي

يتضمن هذا الفصل تركيب الجهاز التنفسي وآلية التنفس ، وتبادل الغازات في الرئة ، ونقل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون ، وكيفية تنظيم التنفس .

الفصل السابع : الجهاز الدوري

يتضمن هذا الفصل الجهاز الدموي ؛ ومكونات الدم ووظائفه ، والأوعية الدموية الأساسية في الجهازين الشرياني والوريدي ، والدورة الدموية البدنية (الكبرى) والرئوية (الصغرى) والدورة البابية ، ومنظم القلب ، وضغط الدم ، وتجلط الدم ، ومجموعات دم الإنسان . كما يتضمن هذا الفصل الجهاز الليمفاوي : الأوعية الليمفاوية ووظائفها ، والغدد الليمفاوية .

الفصل الثامن : جهاز الإخراج

يتضمن هذا الفصل وظائف جهاز الاخراج وأعضاءه ، كما يتضمن الجهاز البولي : تركيب الكلية ، والنفرون ، موضحاً تكون البول وتركيبه ، ويتضمن هذا الفصل أيضاً الاتزان البدني للسائل ، والكلية الصناعية .

الفصل التاسع : الجهاز العضلي

يتضمن هذا الفصل أنواع العضلات ، والأساس الجزيئي لانقباضها : وطاقة انقباض العضلة ، ونظرية الخيوط المنزلقة ، وضبط انقباض العضلة .

الفصل العاشر : الجهاز الهيكلي

يتضمن هذا الفصل المفاصل بأنواعها المختلفة وتركيبها ، والهيكلين المحوري والطرفي بأقسامهما ، وتركيب العظام وأنواعها .

الفصل الحادي عشر : جهاز الغدد الصماء

يتضمن هذا الفصل أهمية الغدد الصماء وعلاقتها مع الجهاز العصبي ، وتأثير الخلل في

الغدد الصماء في الجسم ، كما يتضمن الفصل جميع الغدد الصماء في الجسم محدداً موقعها والهرمونات التي تفرزها ووظائفها .

الفصل الثاني عشر : الجهاز التكاثري

يتضمن هذا الفصل جهازي التكاثر في الذكر والأنثى والهرمونات الخاصة بكل من الذكر والأنثى ، كما يتضمن الفصل الاخصاب ، والحمل والعقم .

الفصل الثالث عشر : الجهاز العصبي

يتضمن هذا الفصل كيفية انتقال المعلومات خلال الجهاز العصبي ، وتنظيم الجهاز العصبي ، وتركيب العصبونات وأنواعها ، والسيال العصبي ، وجهد الراحة ، وجهد الفعل ، والانتقال عبر التشابك العصبي ، والناقلات العصبية ، والجهاز العصبي المحيطي والذاتي والمركزي ، والناقلات العصبية في الدماغ .

الفصل الرابع عشر : أعضاء الإحساس

يتضمن هذا الفصل تصنيف أعضاء الإحساس ، وعمليات وأنواع المستقبلات الحسية موضحاً فيها التراكيب وأعضاء الإحساس الخاصة بكل نوع .

الفصل الخامس عشر : الجهاز الليمفاوي والمناعة

يتضمن هذا الفصل تركيب الجهاز الليمفاوي ودوره في المناعة ، والدفاع بصورة عامة ، والدفاع الخاص والأجسام المضادة ، وأعمال خلايا ، والعلاج المناعي ، والأجسام المضادة أحادية الكلونة ، وأمراض المناعة الذاتية .

وأرجو من كل قارئ لهذا الكتاب أن لا يتردد في إبداء الرأي حول أي من الموضوعات التي تفيد في تطوير الكتاب .

وأختم بقولي بالحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين ، والله ولي التوفيق

المؤلفة



كيمياء الحياة

The Chemistry of Life

المحتويات

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادرا على أن :

١ . تناقش أهمية الماء كمذيب في الخلية .

٢ . تفسر علاقة المحاليل المنظمة بدرجة الحموضة (pH) لسوائل الجسم .

٣ . تحدد الشكل الأيوني للعناصر غير العضوية في أجسام الحيوانات ووظيفة كل عنصر .

٤ . تصف خواص الكربون التي تجعله المكون الرئيس في المركبات العضوية .

٥- تقارن بين المجموعات الرئيسة للمركبات العضوية - بروتينات ، وأحماض نووية ، ودهون ، وكربوهيدرات - بالنسبة لتركيبها الكيميائي ووظيفتها .

٦ . تصف وظائف البروتينات والتركيب الكيميائي لها .

٧ . تحدد مستويات تنظيم جزيئات البروتين .

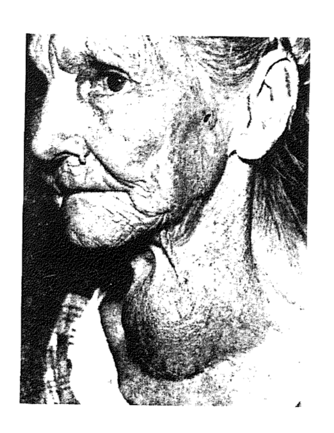
٨- تصف التركيب الكيميائي للنيوكليوتيدات والأحماض النووية ، وتناقش أهمية هذه المركبات للكائنات الحية .

٩ . تميز بين السكريات : أحادية التسكر ، وثنائية التسكر ، وعديدة التسكر .

١٠ . تناقش السكريات : أحادية التسكر ، وثنائية التسكر التي لها أهمية رئيسة للكائنات الحية .

١. العناصر الضرورية لنمو الحيوان

تحصل الحيوانات على غذائها من النباتات أو الحيوانات ، ويمكن أن تحصل على العناصر مباشرة كما في الملح ، وحجر الجير (limestone) ، أو من الماء . فمثلا يحتوي الماء في بعض المناطق عنصر الفلورايد ، ويسهم هذا العنصر في نمو العظام والأسنان . والكالسيوم عنصر مكون للتربة وهو عنصر غذائي مهم . وتفتقر بعض المناطق إلى العناصر المهمة مثل اليود ، الذي يحتاجه الجسم بكمية قليلة جداً للنمو ، وقيام الغدة الدرقية بوظائفها بصورة طبيعية . فالمناطق الفقيرة إلى اليود ، ينتشر فيها مرض الغدة الدرقية المعروف بتضخم الغدة الدرقية (goiter) (شكل ١-١) .



شكل (١-١) تضخم الغدة الدرقية

في الماضي ظهرت مشاكل عدة بسبب نقص محلي في بعض العناصر الأساسية وكان مرد ذلك استهلاك الناس الطعام المحلي إضافة إلى تربية الدواجن في البيوت . واليوم حلت هذه المشاكل بنقل الطعام من منطقة إلى أخرى ، ناهيك عن إضافة العناصر الضرورية إلى الطعام ، مثل التوابل ، والحبوب ، والأدوية ، والكالسيوم ، والحديد . كما أضيف الفلورايد إلى الماء أو إلى معجون الأسنان ، واليود إلى حبوب الملح .

وقد تم الحصول على معلومات دقيقة عن العناصر التي تحتاجها الحيوانات بإجراء تجارب مخبرية . فمنذ نحو ٨٠ عاما أجرى علماء فسيولوجيا في جامعة جون هوبكنس (John Hopkins University) ، حيث وجد روس هاريسون (Ross Harrison) أنه يستطيع إنماء خلايا حيوانية (خلايا جنين ضفدع) في وسط استزراعي (culture media) ، كما أمكن إنماء البكتيريا في أنابيب اختبار من ماء ، وتسمى هذه العملية باستزراع نسيج (tissue culture) . والجدول (١ -١) يوضح العناصر المهمة في جسم الإنسان ووزنها وأهميتها .

جدول (١-١) العناصر المهمة في جسم الإنسان ووزنها وأهميتها

العنصر	رمزه	وزنه ٪	أهميته
أكسجين	O	٦٢	يدخل في تركيب الماء والمركبات العضوية وهو ضروري للتنفس الخلوي .
كربون	C	٢٠	يدخل في تركيب جميع المركبات العضوية .
هيدروجين	H	١٠	يدخل في تركيب الماء والمركبات العضوية .
نيتروجين	N	٣,٣	يدخل في تركيب البروتينات والأحماض النووية وهو ضروري للسيال العصبي وانقباض العضلات .
فسفور	P	١	يدخل في تركيب الأحماض النووية وبروتينات عديدة ، وATP ، وهو مهم لنمو العظام والأسنان .

وتحدث داخل الخلية عدة عمليات معقدة . وتعتمد على عدد كبير من جزيئات مختلفة وأيونات غير عضوية تعمل بانسجام . مثلاً ، تتحطم السكاكر بوساطة مجموعة من الإنزيمات وجزيئات عديدة أخرى ، وينتج عن التحطيم تحول جزيء السكر إلى ثاني أكسيد كربون وماء ، وتحرر طاقة تلتقط على شكل طاقة كيميائية يمكن استخدامها لتسيير أنواع مختلفة من أنشطة الخلية . فالجزء الأول من عملية الطاقة المحررة من السكر تنجز بوساطة جزيئات موجودة في السيتوبلازم ، والجزء الثاني ينجز بوساطة جزيئات موجودة في الأجسام الفتيلية (mitochondria) . ويتم أيضاً ، تصنيع البروتينات بعمل تعاوني بين مجموعات مختلفة من الجزيئات توجد بشكل آخر هو الأيبوسوم .

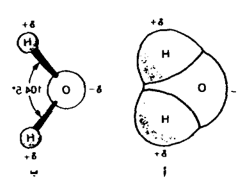
وهناك ثلاثة مكونات رئيسة للخلية هي : ماء ، وأيونات غير عضوية ، وجزيئات عضوية . والماء مكون مفرد ، والأيونات غير العضوية تشكل مجموعة صغيرة من المكونات ، وتشكل الجزيئات العضوية معظم تعقيدات الخلايا الكيميائية .

٢ . الماء Water

الماء أكثر المواد توافراً في الخلايا ، حيث يشكل ٧٠-٩٠٪ من وزن الخلية ، وهو السائل التي تذوب فيه عدة أيونات وجزيئات الخلية ، كما تنغمر فيه مختلف تراكيب الخلية وعضياتها . وكمذيب في الخلية ، فإنه يتفاعل مع عدة مكونات عضوية وغير عضوية . وهذه التفاعلات ممكنة بسبب الاستقطاب الكهربائي (electrical polarity) لجزيئات الماء . وفي جزيء الماء ، ترتبط ذرتا الهيدروجين تساهمياً مع ذرة الأكسجين (شكل ١-٢ أوب) . وتشكل ذرتا الهيدروجين زاوية مقدارها ١٠٤,٥° مع ذرة الأكسجين . ولكل ذرة هيدروجين شحنة جزئية موجبة في الطرف البعيد عن ذرة الأكسجين ، ولذرة الأكسجين شحنة جزئية سالبة . والجزيئات مثل الماء ، التي فيها مناطق موجبة وأخرى سالبة ، تدعى جزيئات مستقطبة (polar molecules) .

شكل (١-٢)

يتكون جـــزيء الماء من ذرتين هيدروجين، وذرة أكسجين واحدة. (أ) أنموذج مجسم فراغي (ب) أنموذج الكرة والقضيب موضحاً الزاوية الرابطة لذرتي الهيدروجين. وتحدد الإشارتان δ^- و δ^+ الشحنة الجزئية السالبة، والشحنة الجزئية الموجبة.

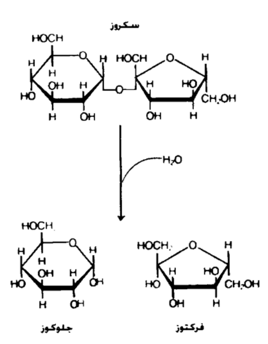


ويوضح الجدول (١-٢) النسبة المئوية للماء الموجود في مختلف الأنسجة والأعضاء في جسم الإنسان.

جدول (١-٢) النسبة المئوية للماء الموجود في مختلف الأنسجة والأعضاء في جسم الإنسان

نسيج/عضو	٪ للماء
عضل	٥٠,٨
هيكل	١٢,٥
جلد	٦,٦
دم	٤,٧
أمعاء	٣,٢
كبد	٢,٨
دماغ	٢,٧
رئتان	٢,٤
نسيج دهني	٢,٣
كليتان	٠,٦
طحال	٠,٤٠
بقية الجسم	١١,٥
المجموع	٪١٠٠

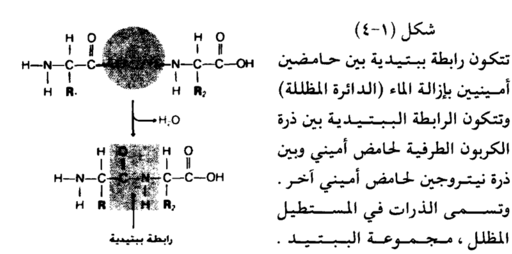
إضـــافة إلى تفـاعل الماء الكهربائي كمـذيب لجميع الجزيئات الأخـــرى في الخليـة ، يدخل أيضاً في عـــدة تفاعـلات كيميـائية في الخلية . وتتكسر الجزيئات العضوية عـــامة بالإضـافة الإنزيمية للماء . وتـعرف هـــذه الـتـفـاعلات التحليل المائي (hydrolytic cleavages) ، شكل (١-٣) يوضح التحليل المائي للسكروز إلى فركتوز وجلوكوز .



شكل (١-٣) التحليل المائي للسكروز إلى فركتوز وجلوكوز

وتحدث عدة تفـاعلات كيميائية بإزالة الماء من الجزيئات العضوية حتى تسمح لارتباط جزيئين عضويين (تكثيف"condensed") برابطة تساهميـة لتكون مركبا عـضـوياً أكـبـر . وتســمى هذه تفـاعـلات تكثـيف إزالة الماء - dehydration) condensation reactions) . مثلا ، تكوين روابط ببتيدية بين الأحماض الأمينية في تصنيع البروتينات (شكل ١-٤)الذي ينتج عنه جزيء ماء كناتج جانبي . وفي بعض التفاعلات الكيميائية يضاف الماء إلى الجزيئات لإنتاج جزيئات أخرى . مثلا ، يمكن إضافة الماء إلى ثاني أكسيد الكربون لعمل حامض الكربونيك .

$$CO_2 + H_2 \rightleftharpoons H_2CO_3$$



شكل (١-٤)
تتكون رابطة ببتيدية بين حامضين أمينيين بإزالة الماء (الدائرة المظللة) وتتكون الرابطة الببتيدية بين ذرة الكربون الطرفية لحامض أميني وبين ذرة نيتروجين لحامض أميني آخر . وتسمى الذرات في المستطيل المظلل ، مجموعة الببتيد .

وينتشر ثاني أكسيد الكربون الناتج في أنسجة الحيوانات الراقية في الدم ، حيث يتحد مع الماء داخل خلايا الدم الحمراء . وينعكس التفاعل في الرئتين حيث ينتشر ثاني أكسيد الكربون في الهواء الذي يملأ الرئتين .

ومثال آخر على استخدام الماء في أنشطة الخلية هو انشطاره إلى أيونات هيدروجين (H^+) وذرة أكسجين (O_2) خلال البناء الضوئي (photosynthesis) كما في المعادلة الآتية :

$$H_2O \longrightarrow \underbrace{2\acute{e} + 2H^+}_{\text{تستخدم لتصنيع السكر}} + 1/2\, O_2 \quad \text{تتحرر إلى الجو}$$

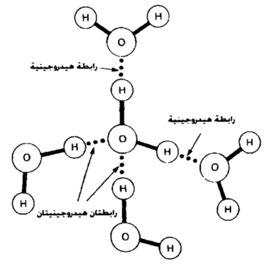
ومثال أخير هو إنتاج الماء في التحطيم الكامل للسكاكر :

$$C_6H_{12}O_6 + CO_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

حيث تكتسب الخلايا الطاقة بتحطيم السكر (مستخدمة الأكسجين) إلى ثاني أكسيد الكربون والماء .

٢-١- الروابط الهيدروجينية Hydrogen Bonds

بسبب الاستقطاب الكهربائي لجزيئات الماء ، فإن هذه الجزيئات قادرة على عمل روابط ضعيفة مع بعضها ، ومع جزيئات مستقطبة أخرى ، تدعى روابط هيدروجينية . ويمكن أن تتكون الرابطة الهيدروجينية بين ذرة هيدروجين شحنتها جزئيا موجبة في جزيء ، وبين ذرة أخرى شحنتها جزئيا سالبة ، مثل الأكسجين أو النيتيروجين في جزيء آخر ، أو في جزء آخر من الجزيء نفسه . وتستطيع كل ذرة أكسجين في الماء عمل رابطتي هيدروجين مع جزيئين آخرين من الماء شكل (١-٥) وكل ذرتي هيدروجين في الماء تستطيعا عمل رابطة هيدروجينية مع ذرة أكسجين في جزيء آخر . وعليه ، يميل كل جزيء ماء إلى الارتباط بوساطة روابط هيدروجينية بأربعة جزيئات ماء . والروابط الهيدروجينية ضعيفة جدا ، وهي تتكسر باستمرار وتتكون ثانية . وبالرغم من ضعفهاوحالتها في عدم الاستقرار (transient nature) ، إلا أن باستطاعة أعداد كبيرة منها ، عندما تعمل معا ، أن تسبب درجة من التنظيم التركيبي في مجموعة من جزيئات الماء .



شكل (١-٥) الشحنات الكهربائية الضعيفة لجزيئات الماء ، تسمح للجزيئات أن ترتبط مؤقتا بروابط هيدروجينية . والروابط الهيدروجينية ضعيفة ، تتكسر باستمرار ، وتتكون ثانية .

ويحتوى الماء السائل تجمعات واسعة من جزيئات الماء المرتبطة معا بروابط هيدروجينية .

والروابط الهيدروجينية لا تحدث بين جزيئات الماء فقط ، ولكن تحدث أيضاً بين جزيئات الماء وجزيئات عضوية . ويستطيع الماء أن يكوّن رابطة هيدروجينية مع ذرة أكسجين في جزيء عضوي شكل (١-٦أ) . ويمكن أن تكون الروابط الهيدروجينية بين جزيئين عضويين . مثلا ، بين ذرة أكسجين في جزيء وذرة هيدروجين ترتبط تساهميا مع ذرة نيتروجين في جزيء آخر شكل (١-٦ب) . وكذلك الروابط الهيدروجينية ممكنة بين ذرة هيدروجين وبين ذرتي أكسجين أو بين ذرتي نيتروجين شكل(١-٦جـ) . ورابطة الهيدروجين المفردة ضعيفة جدا لتكوين رابطة ثابتة بين جزيئين عضويين ، ولكن يمكن أن يلتصق جزيئان معا إذا أمكن تكوين روابط هيدروجينية عديدة شكل (١-٦ د) .

شكل (١-٦) روابط هيدروجينية بين أنواع مختلفة من الجزيئات ، (أ) بين جزيء ماء وذرة أكسجين في جزيء عضوي .(ب) بين ذرة أكسجين وذرة نيتروجين .(جـ) بين ذرتي أكسجين . (د) روابط هيدروجين متعددة . (هـ) بين جزيئين كبيرين

وبسبب طبيعة الماء المستقطبة ، فالماء مذيب جيد للمواد المرتبطة معا بقوى كهربائية سكونية (electrostatic) ، وهي المواد المتأيّنة مثل الأملاح غير العضوية .

وترتبط بلورات كلوريد الصوديوم معا بوساطة تجاذب سكوني كهربائي بين أيونات الصوديوم الموجبة (Na^+) وأيونات الكلور السالبة (Cl^-) . ويذوب كلوريد الصوديوم في الحال ؛ لأن ذرات أكسجين الماء السالبة تنجذب كهربائيا سكونياً(الكتروستاتيكيا) إلى أيونات الصوديوم (Na^+) الموجبة ، وتنجذب ذرات هيدروجين الماء الموجبة بقوة إلى أيونات الكلور السالبة (Cl^-) . ونتيجة هذه التجاذبات الكهربائية السكونية هو انفصال (Na^+) عن (Cl^-) بتكون أغلفة من جزيئات الماء حول النوعين من الأيونات شكل (١-٧أ) .

شكل (١-٧) تفاعل الماء مع أيونات وجزيئات : أ- ذوبان مادة متأنية (NaCL) . ب- ذوبان مادة غير متأنية (جلوكوز) .

والمواد غير المتأينة (المواد التي لا تتفكك إلى أيونات في وجود الماء) أيضاً تذوب في الماء إذا كانت طبيعتها مستقطبة مثل الماء ، ولهذا تستطيع تكوين روابط هيدروجينية مع الماء . مثل السكاكر ، والكحول الإيثيلي ، وجزيئات عضوية كثيرة أخرى تذوب في الماء شكل (١-٧ب) . والجزيئات العضوية غير الأيونية وهي غير مستقطبة (nonpolar) مثل البنزين وسلاسل الأحماض الأمينية لجزيئات الليبيد ، لا تستطيع التفاعل مع جزيئات الماء ، وبهذا فهي غير قابلة للذوبان في الماء (insoluble in water) .

٢-٢- تأين الماء والرقم الهيدروجيني Ionization of water and pH

يحدث تأين عكسي للماء لإنتاج أيونات H^+ و OH^-

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

في أي لحظة ، فقط جزء ضئيل من جزيئات الماء في حالة تأين ، (٢ في ١٠ ⁹ للماء النقي) . وتركيز أيونات H^+ وOH^- منخفض جدا . والتحليل وإعادة الاتحاد بالصورة العادية هي حالة اتزان ، وهذا يعني أن نسبة تحلل الماء إلى أيونات H^+ و OH^- مساوية لنسبة إعادة الاتحاد بين أيونات H^+ و OH^- لتكوين الماء . وفي حالة الاتزان فإن تركيز جزيئات الماء عال جدا ، وتركيز أيونات H^+ و OH^- منخفض جداً ، وتراكيز الثلاثة جميعها تبقى ثابتة .

وحتى في التراكيز المنخفضة ، أيونات H^+ و OH^- لها تأثيرات عميقة في الخلية ، فهي تؤثر في جميع التفاعلات بين الجزيئات التي تشكل أساس أنشطة الخلية . مثلا ، تعتمد الإنزيمات في أعمالها بصورة كبيرة على تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) .

وتركيز أيونات الهيدروجين (H^+) يعرف بالرقم الهيدروجيني (pH) ، ونظرا لأهمية تركيز (H^+) للخلية ، سوف ندرس معا (pH) ، وهي تتناسب عكسياً مع

التـركـيـز الجـزيئي (molar concentration) لأيونات الهـيـدروجين (H^+) . ويعين التركيز الجزيئي كما يأتي :

$$pH = \text{لو}_{١٠} \frac{1}{H^+}$$

وتركيز أيونات الهيدروجين (H^+) في الماء عند درجة ٢٥°س يساوي ١٠ $^{-٧}$ وعليه فإنه عند ٢٥°س pH للماء النقي هو :

$$pH = \text{لو}_{١٠} \frac{١}{١٠^{-٧}} = ٧$$

والرقم الهـيـدروجـيني (pH) للمـاء النقي (٧) يعـرف بأنه مـتـعـادل ؛ لأن تركـيـز أيونات H^+ و OH^- متساوية .

ويمكـن أن تزداد أيونات الهـيـدروجين (H^+) بإضـافـة حـامض مـثـل حـامض الهـيـدروكلوريك HCL ($H^+ + CL^-$) ، أو تقل بإضافة قاعـدة مثل هيـدروكـسـيـد الصوديوم Na OH ($Na^+ + OH^-$).

وكـما يزيد تركـيـز H^+ بإضـافـة HCL ، فإن pH ينخـفض . وإضافة OH^- تعمل على زيادة نسبـة اتحادOH^- مع H^+ لتكوين الماء . ويعـاد التـوازن بسـرعـة ، ولكـن عند تركيز أقل من H^+ لذلك يزداد pH عن ٧ .

ومن جهة أخرى ، فإن مولا واحدا من HCL يخلط مع الماء لعمل لتر واحد من المحلول يعمل محلولا موليا من HCL . وحال تحلل HCL تحللا كاملا إلى أيونات H^+ و CL^- ، فالنتيجة محلول مولي من أيونات الهيدروجين H^+ ($1MH^+$)

وعليه فإن pH، هي :

$$pH = \text{لو}_{١٠} \frac{١}{١و} = ٠ .$$

و pH ١, مول واحد من محلول HCL هو

$$pH = لو_{١٠} \frac{١}{١} = ١$$

و pH ٠١, مول واحد من محلول HCL هو

$$pH = لو_{١٠} \frac{١}{١،و} = ٢$$

٣-٣- الرقم الهيدروجيني للأجهزة الحيوية والمحاليل المنظمة

The pH of Biological Systems and Buffers

تتأثر المحاليل المائية داخل الخلايا بعدة أيونات عضوية وغير عضوية موجودة داخلها ، وهي عادة بضع عشرات من وحدات pH أعلى من ٠٧ وpH داخل العضيات ، مثل الجسم الفتيلي (mitochondrion) والكلوروبلاست (chloroplast) ، يمكن أن تختلف عن pH في السيتوبلازم . و pH بلازما الدم قاعديا بعض الشيء (٧,٤) ، وpH اللعاب حامضيا بعض الشيء (٦,٥) . ويمكن أن تنتج بعض أنواع الخلايا محلولا حامضيا قويا خارج الخلية بافراز H^+ . مثل الخلايا الجدارية للغشاء الطلائي المبطن للمعدة يفرز H^+ و CL^- ليكون عصيراً معدياً خارج خلايا المعدة رقمها الهيدروجيني (pH) بين ١,٥ - ٣ . وهذا المحلول الحامضي القوي في المعدة مهم في هضم الطعام ، فهو يحطم خلايا الطعام ويبدأ بتكسير التراكيب ثلاثية الأبعاد لمعظم الجزيئات الكبيرة (macromolecules) ، ويجعلها أكثر قابلية إلى التحطيم المتسلسل بوساطة الإنزيمات في الأمعاء . وتعمل حموضة المعدة أيضاً كوقاية (ومع هذا فليست دائماً ناجحة) من الإصابة بالأمراض وذلك بقتل البكتيريا ، والفيروسات ، وكائنات حية متطفلة أخرى .

وتحدث معظم التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية بسرعة أكبر عند الرقم الهيدروجيني المتعادل (pH =٧) .

والمادة الحية حساسة جداً للرقم الهيدروجيني ، لذلك توجد آليات معينة تعمل على إبقاء الرقم الهيدروجيني لسوائل الجسم ثابتا . وأهم هذه الأليات التي تعمل من خلال مواد كيميائية تعرف بالمحاليل المنظمة(buffers) ، ولهذه المحاليل قدرة على الارتباط بأيونات الهيدروجين (H^+) بحيث تزيلهامن المحلول عند ازدياد تركيزها فيه ، أو تزود المحلول بأيونات الهيدروجين عندما يقل تركيزها فيه ، وبهذه الطريقة تساعد المحاليل المنظمة على المحافظة على ثبات الرقم الهيدروجيني (pH) في الجسم . ومن أهم المحاليل المنظمة في الجسم حامض الكاربونيك (carbonic acid) H_2CO_3 الذي يتحلل إلى أيونات الهيدروجين (H^+) وأيونات الكاربونيت(HCO_3^-) كالآتي :

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

ويمكن لأيونات الهيدروجين أن تتحد ثانية مع أيونات الكاربونيت لتكون حامض الكاربونيك ، كما يتضح من المعادلة السابقة .

٣- الأيونات غير العضوية Inorganic Ions

في معظم الخلايا تشكل الأيونات العضوية أقل من ١٪ من وزن الخلية . وتحتوي مكونات السيتوبلازم أيونات غير عضوية متنوعة تقوم في عدة وظائف وتدخل في تراكيب في الخلية . فأيون البوتاسيوم موجب الشحنةk^+ ، كاتيون (cation) يوجد في الخلايا ، وتحتاجه الخلية للمشاركة في عدة وجوه لأيض الخلية (cell metabolism) . مثلاً ، تحتاج الخلية نسبة عالية من تركيز k^+ داخلها لتصنيع البروتين ، وتحتاج k^+ لأقصى نشاط لبعض الإنزيمات .

ويحتوى الغشاء البلازمي لعدد من أنواع الخلايا مضخة جزيئية (molecular pump) ، تنقل k^+ من بيئة الخلية الخارجية إلى داخل الخلية ، وفي الوقت نفسه تقذف Na^+ من الخلية . ومضخة K^+- Na^+ تحتاجMg^+ لنشاطها ، وهي بالتحديد مبنية جيدا في الخلايا العصبية والعضلية ، وتصنع درجات من K^+ و Na^+ : عبر غشاء البلازما يضخ الأيونين في اتجاهين متضادين . والدرجات هي

أساس الطاقة الكهربائية عبر الغشاء البلازمي التي تسمح بمرور النبضة بوساطة خلية عصبية ، أو خلية عضلية .

جدول (١-٣) الوظائف الخلوية لبعض الأيونات غير العضوية ونسبها المئوية من وزن جسم الإنسان .

العنصر	شكله الأيوني	النسبة المئوية للوزن الاجمالي	الوظيفة
موليبدينوم	MoO_4^{-3}	٠,٠٠٠٠١	عامل مرافق، أو منشط لبعض الإنزيمات.
كوبالت	Co^{+2}	٠,٠٠٠٠١	أحد مكونات ب١٢.
نحاس	Cu^{+}، Cu^{+2}	٠,٠٠٠٤	أحد مكونات البلاستوسيانين، وعامل مرافق لإنزيمات التنفس.
يود	I^{-}	٠,٠٠٠٥	أحد مكونات هرمون الثيروكسين، وهرمونات أخرى.
بورون	Bo_3^{-2}،$B_4O_7^{-2}$	٠,٠٠٢	منشط لبعض الإنزيمات.
زنك	Zn^{+2}	٠,٠٠٣	عامل مرافق، أو منشط لبعض الإنزيمات.
منغنيز	Mn^{+2}	٠,٠٠٣	عامل مرافق، أو منشط لبعض الإنزيمات.
حديد	Fe^{+2} ، Fe^{+3}	٠,٠١	يدخل في تركيب الهيموجلوبين وإنزيمات التنفس الخلوي.
مغنيسيوم	Mg^{+2}	٠,١	ينشط الإنزيم المحلل لـ ATP.
كبريت	SO_4^{-2}	٠,٢٥	يدخل في تركيب البروتينات.
فوسفور	PO_4^{-3}،$H_2PO_4^{-}$	١,٠	يدخل في تركيب الليبيدات، والبروتينات والأحماض النووية.
كالسيوم	Ca^{+2}	١,٥	يدخل في تركيب نسيج العظام وعامل مرافق لإنزيمات تجلط الدم.
بوتاسيوم	K^{+}	٠,٣٥	عامل مرافق لبعض الإنزيمات، ويدخل في تصنيع البروتينات.

والكاتيونات (الأيونات الموجبة) ثنائية التكافؤ في الخلية Mg^{+2} و Ca^{+2} ، مهمة في تركيب الخلية ووظيفتها . وفي خلايا أخرى ، فإن Ca^{+2} مهم في تصنيع النشاء وتحطيمه ، ومن أجل انقباض الخلايا العضلية وحركتها . و Ca^{+2} مهم لاتحاد جزيئات بروتين معينة مع الحامض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين (د ن أ)(DNA) ، وفي هذه الناحية فإنه يلعب دورا رئيسا في مضاعفة الكروموسومات (الأجسام الصبغية) وتراصها . وثبات الرايبوسوم ، العضي المسؤول عن تصنيع البروتين ، يعتمد على تركيز مناسب لـ Mg^{+} في المحلول الخلوي . وتحتاج بعض إنزيمات لتعمل ؛ لكاتيونات مثل Ca^{+2}، Zn^{+2}، Mn^{+2}، Fe^{+2} ، CO^{+2} ، و Cu^{+2} .

وأيونات الفوسفات سالبة Po_4^{-3} ، (أنيون anion) ، تلعب دورا رئيسا في أيض الطاقة لكل خلية ، وبخاصة في تصنيع أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) ، الجزيء الذي يُسيّر معظم الأنشطة التي تحتاجها الخلية . والفوسفات مركب رئيس لجزيئات الأحماض النووية (انظر جدول ١-٣) .

٤. الجزيئات العضوية في الخلية Organic Molecules of Cells

إن آلاف المركبات العضوية الموجودة داخل الخلية ، التي تتكون بصورة أولية من كربون ، وهيدروجين ، وأكسجين ، ونيتروجين ، تكوّن أكثر من ٩٠٪ من وزن مادة خلية جافة .

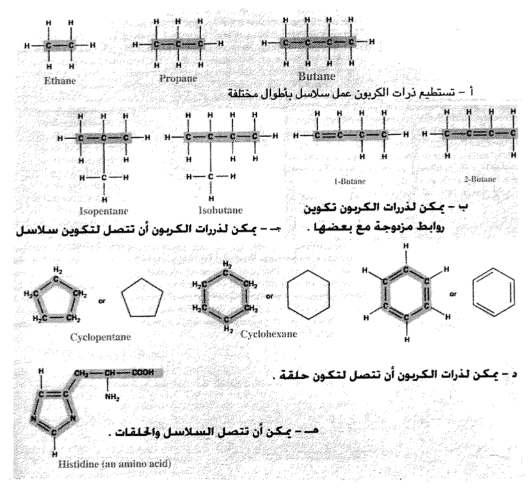
وتتكون معظم المواد العضوية في كل خلية فقط من ثلاث مجموعات من جزيئات كبيرة جدا هي : بروتينات (proteins) ، وأحماض نووية (nucleic acids) ، وكربوهيدرات (carbohydrates) . وهذه تدعى جزيئات كبيرة (macromolecules) ، وتتكون الجزيئات الكبيرة من أنواع قليلة من جزيئات صغيرة تسمى مونوميرات (monomers) . وجزيئات الليبيد (lipid) مكون رئيس آخر من مواد الخلية العضوية ، وهي وسط في حجمها بين الجزيئات الكبيرة والجزيئات العضوية الصغيرة . ومعظم المواد العضوية لا تحسب على الأنواع الثلاثة من الجزيئات الكبيرة ولا على الليبيدات ، وتتكون بصورة أولية من : (١) مونوميرات لم تتجمع بعد في جزيئات كبيرة أو ليبيدات ، (٢) جزيئات تكوّن مراحل وسطية في تصنيع المونوميرات ، (٣)جزيئات وسطية في هضم السكر إلى ثاني أكسيد كربون وماء ،(٤) أعداد صغيرة من جزيئات ، مثل بعض مشتقات الفيتامينات ، التي تستخدم غالبا كعوامل مساعدة (coenzymes) لإنزيمات معينة .

والكربون هو الأساس في المركبات العضوية ، التي تكون أجسام الكائنات الحية . وتنتظم كيمياء الكائنات الحية حول عنصر الكربون ؛ لأنه يستطيع أن يكون جزيئات متنوعة أكثر من أي عنصر آخر . وتشكل ذرات الكربون العمود الفقري (backbone) أو المحور الرئيس لعدد كبير من المركبات .

وصفات الكربون غير العادية تسمح بتكون الجزيئات الكبيرة والمعقدة الضرورية للحياة . وتحتوي ذرة الكربون ستة الكترونات ، اثنان في المستوى الأول للطاقة ، وأربعة في المستوى الثاني للطاقة . وتستطيع ذرة الكربون بوجود الالكترونات الأربعة في مستوى الطاقة الخارجي أن تكون أربع روابط مع ذرات أخرى ، متضمنة ذرات كربون أخرى . وتستطيع ذرات الكربون أن تكون روابط تساهمية مفردة ثابتة جدا مع

بعـضـهـا . ويمكن أن تتكون سـلاسـل طويلة من ذرات الكربون في هذه الطريقـة :
. -c-c-c-c-c

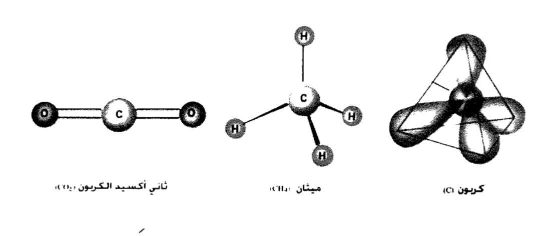
وتســتطيع أن تتـشــارك ذرتا كــربون في زوجين من الالكتــرونات ، مكونة روابط مزدوجة -c=c-وفي بعض المركبات تتكون روابط ثلاثية بين ذرتين كربون (-c =c-) . وتستطيع أن تكون سلاسل الكربون متفرعة أو غير متفرعة . كما يمكن لذرات الكربون أيضـاً أن تتـصـل داخل حلقـات شكل (١-٨) . وفي بعض المركـبـات تتـصـل في حلقات وسلاسل .



شكل (١-٨) بعض المركبات العضوية البسيطة .لاحظ أن لكل ذرة كربون أربع روابط تساهمية

وتستطيع ذرة الكربون أن تكون روابط مع أعداد واسعة من عناصر مختلفة أكثر من أي ذرة أخرى ، مثل عناصر الهيدروجين ، والأكسجين والنيتروجين .

وشكل الجزيء مهم في تحديد صفاته الحيوية ووظائفه ، فالجزيئات التي تحتوي كربوناً ولها تركيب رباعي الأبعاد ناتج عن طبيعة زوايا روابطه . وعندما تكوّن ذرة الكربون أربع روابط تساهمية مفردة مع ذرات أخرى ، فإن مدارات الالكترونات في مستوى الطاقة الخارجي لها تستطيل وتبرز من ذرة الكربون باتجاه زوايا التركيب الرباعي (tertahedron)شكل (١-٩) ، وفي هذه الحالة فإن الزاوية بين أي رابطتين نحو ١٠٩,٥° . وزاوية الرابطة هذه تتشابه في مركبات عضوية متنوعة .



شكل (١-٩)

روابط كربونية . تستطيع ذرة الكربون أن تكون أربع روابط تساهمية

وبصورة عامة ، توجد حرية في دوران كربون حول كربون في الرابطة المفردة . وهذه الخاصية تسمح للجزيئات العضوية أن تكون مرنة وتحدث تنوعا في الأشكال ، معتمدة على مدى دوران الرابطة المفردة . والروابط الثنائية والثلاثية لا تسمح بالدوران ؛ لذلك تميل مناطق الجزيء بمثل هذه الروابط لعدم المرونة .

٤-١- الوزن الجزيئي للجزيئات العضوية

Molecular Weight of Organic Molecules

وزن الجزيء هو مجموع أوزان جميع ذراته ، وتعطى أوزان الذرات بالأفوجرامات (avograms) . وكل أفوجرام يساوي ١,٦×١٠ ^-٢٤^ جرام . ومن المفيد أن تعرف ، أوزان الجزيئات العضوية وبخاصة الجزيئات الكبيرة ؛ لأنها معيار ملائم لحجم الجزيء وتعقيده . والوزن الجزيئي للجلوكز ($C_6H_{12}O_6$) ١٨٠ أفوجراماً (٦ ذرات كربون = ١٢,٧٢ وذرة هيدروجين = ١٢, و٦ذرات أكسجين= ٩٦) .

ويتــراوح معدل الأوزان الجزيئيـة للبـروتينات غالبا ما بين عشرة آلاف إلى عدة مئات من الآلاف . ويعتبر جزيء (د ن أ) ضــمن أكبر الجزيئات الكبيرة ، فقد يزيد عن ١٠ ^١٠^ أفوجرام في الأفراد .

ولا يوجد قانون يحدد متى يمكن تسمية الجزيء جزيئاً كبيراً ، لكن بصورة عامة ، الجزيئات العضوية التي وزنها الجزيئي أكثر من عدة آلاف تصنف كجزيئات كبيرة . ومعظم جزيئات الليبيبد أوزانها الجزيئية أقل من ألف ؛ ولذلك لا تصنف مع الجزيئات الكبيرة .

٥. الأحماض الأمينية والبروتينيات Amino Acids and Proteins

الأحماض الأمينية هي الوحدات البنائية التي تصنع منها البروتينات ، ومن الممكن بناء عدة أنواع من الأحماض الأمينية ، لكن ٢٠ حامضاً أمينيا فقط تستخدم لعمل البروتينات . وجميع الأحماض الأمينية الحيوية لها هيكل أساسي هو :

$$H_2N - \underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle R}{C}} - COOH$$

واشتق اسم الحامض الأميني من وجود مجموعة الأمين (NH_2) ومجموعة الكاربوكسيل (COOH) ، التي تتحلل عند إذابتها في الماء إلى COO^- و H^+ ، وهي حامضية ؛ لأنها تضيف H^+ إلى المحلول .

ويوجد ٢٠ حامضا أمينياً يمكن تمييزها بالمجموعة الجانبية R . فمثلا في الجلايسين (glycin) ، وهو أبسط حامض أميني ، R هي ذرة هيدروجين

$$H_2N - \underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle H}{C}} - COOH$$

الجلايسين

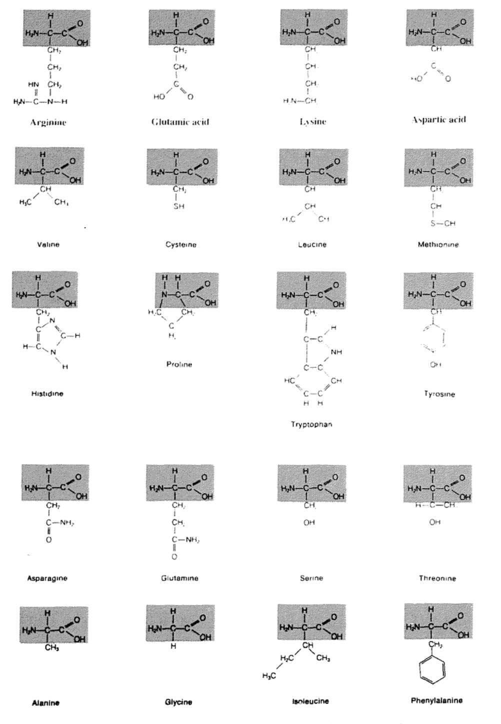
وفي الألالين (alanin) ، R هي CH_3 مجموعة الميثيل (methyl group) .

$$H_2N - \underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle CH3}{C}} - COOH$$

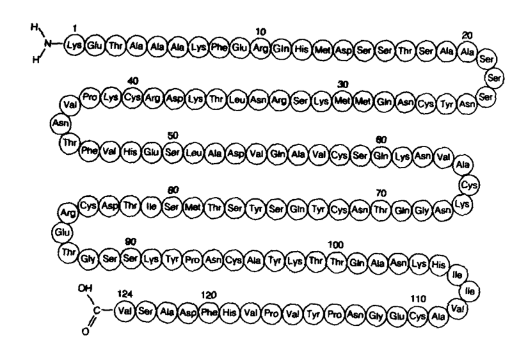
الألالين

ومجموعات R (تدعى سلاسل جانبية أو مجموعات جانبية) للعشرين حامضاً أمينيا موضحة في الشكل (١-١٠) . وهذه السلاسل الجانبية تعطي الصفات الكيميائية الدقيقة لكل حامض أميني ، ثمانية أحماض أمينية [(ألانين(alanin) ، فالين (valin) ، ليوسين (leucin) ، أيزوليوسين (isoleucin) ، فينل ألانين (phenylalnin) ، تريبتوفان (tryptiphan) ، وميثيونين(methionine)] تكون فيها مجموعات R غير مستقطبة (nonpolar) . وبهذا فإن مجموعات R هذه غير المتأينة لا تتفاعل مع الماء ، وتصنف هذه الأحماض الأمينية المتأينة كأحماض كارهة للماء (hydrophobic) . واثنا عشر حامضاً أمينياً لها مجموعات R مستقطبة (polar) . وعليه فإن هذه المجموعات تتفاعل مع الماء ، ويطلق على هذه الأحماض الأمينية الاثني عشر عاشقة للماء (hydrohilic) . سبعة منها وهي : [جلايسين (glycin) ، سيرين (serin) ، ثريونين (threonin) ، سيستين (systein) ، تايروسين (tyrosin) ، أسباراجين (asparagine) وجلوتامين (glutamine)] . تمتلك مجموعات R مستقطبة غير مشحونة . والخمسة الأخرى وهي : [حامض أسبارتك (aspartic acid) وحامض جلوتاميك (glutamic acid) ، لايسين (lysine) ، آرجنين (arginine) وهيستيدين (histidine)] تمتلك مجموعات R مستقطبة مشحونة .

وترتبط الأحماض الأمينية معا في سلاسل في ترتيبات متنوعة لعمل جزيئات كبيرة تدعى عديدات الببتيد (polypeptides) ، وتحتوي عدداً قليلاً من الدزينات إلى أكثر من ألف حامض أميني . ومعظم عديدات الببتيد تتكون من عدة مئات من الأحماض الأمينية . وبعض البروتينات تتكون من سلسلة واحدة من عديد الببتيد المنثني ، مثال على ذلك ، إنزيم الرايبوز منقوص الاكسجين(RNase) يتكون من سلسلة واحدة من عديد الببتيد ، ١٢٤ حامضاً أمينياً شكل (١-١١) .



شكل (١-١٠) الأحماض الأمينية العشرون التي تكون البروتينات ، ويمتلك كل حامض أميني مجموعة R جانبية مختلفة



شكل (١-١١)

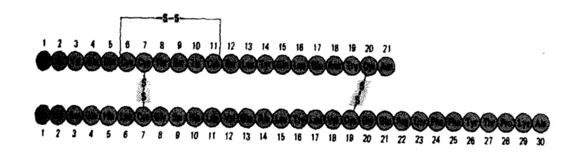
تسلسل ١٢٤ حامضاً أمينياً في البروتين إنزيم رايبوز منقوص الأكسجين (RNase)

وبروتينات أخرى تحتوي سلسلة أو سلسلتين ، وقد تكون متماثلة ، أو غير متماثلة ، وترتبط معا بروابط تساهمية .

في سلسلة عديد الببتيد ترتبط الأحماض الأمينية بروابط ببتيدية (peptide bonds) . والرابطة الببتدية هي رابطة تساهمية بين ذرة الكربون (C) في مجموعة الكاربوكسل لأحد الأحماض الأمينية وذرة النتيروجين (N) في مجموعة الأمين للحامض الأميني التالي ؛ لتكون رابطة على شكل N-C .

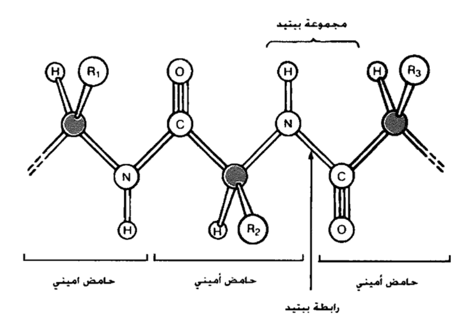
٥-١- التركيب الأولي للبروتين Protein Primary Structure

إن تسلسل الأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد تشكل التركيب الأولي للبروتين ، ويعين هذا التسلسل بتعليمات من جين معين . ويمكن للباحثين باستخدام طرق التحليل التي تطورت خلال الخمسينيات أن يحددوا التسلسل الدقيق للأحماض الأمينية في جزيء البروتين . والأنسولين ، هرمون يفرزه البنكرياس ويستخدم لعلاج السكري ، وهو أول بروتين تحقق بالتجربة من تسلسل الأحماض الأمينية في سلاسله عديدة الببتيد . ويتكون الإنسولين من ٥١ حامضاً أمينياً في سلسلتين مرتبطتين شكل (١-١٢) .



شكل (١-١٢) التركيب الأولي لسلسلتي عديد الببتيد التي تكون البروتين ، الإنسولين

ويزاح جزيء واحد من الماء ، والذرات الأربع التي تستخدم في رابطة الببتيد لها زوايا رابطة وهي التي تنتج التراكيب في شكل (١-١٣) . والتركيز على أهمية التركيب الأولي ليس مستغربا ، لأن المعلومات لتركيب البروتين تخزن كتسلسل حامض أميني . ويمكن ملاحظة أهمية هذا التسلسل للوظيفة بمقارنة التسلسل العادي للهميوجلوبين مع تسلسل هيموجلوبين المصاب بمرض الخلية المنجلية (sickle - cell diease) (كما سنرى لاحقا) . وتغير حامض أميني من عدة مئات يستطيع إنتاج بروتين مشوه (malformed) يؤدي إلى إجهاض الجنين ، أو موته قبل اكتمال نموه .



شكل (١-١٣) ترتيب الذرات في الأحماض الأمينية مرتبطة بروابط ببتيدية

وكل سلسلة لها مجموعة أمين في إحدى النهايات نهاية أمينية (amino terminus) ومجموعة كاربوكسيل في النهاية الأخرى نهاية كاربوكسيلية (carboxy1 terminus) . شكل (١-٩) . وتصنع سلاسل عديد الببتيد في الخلية مبتدئة بالحامض الأميني الذي يكون النهاية الأمينية . وعليه فإن النهاية الأمينية تعين كأنها بداية السلسلة والنهابة الكاربوكسيلية كأنها نهاية السلسة . وبناء على ذلك ترقم الأحماض الأمينية ٤،٣،٢،١ ، . . الخ .

ونادرا ما تكون سلاسل عديد الببتيد ممتدة تماماً ، ولكنها تميل إلى الانثناء مع أحد أجزاء السلسلة ، وتلتصق مع جزء آخر من السلسلة نفسها ، وبخاصة بوساطة تكوين روابط هيدروجينية بين مختلف أجزاء السلسلة . وذرة الكربون (C) في رابطة الببتيد لها ترابط تساهمي مع (O) ، وذرة النيتروجين (N) في رابطة الببتيد لها

ترابط تساهمي مع ذرة هيدروجين (H) . وذرة الأكسجين (O) لها شحنة جزئية سالبة ، وذرة الهيدروجين(H) لها شحنة جزئية موجبة ، وعليه فإن كل منها يمكن أن تشارك في تكوين رابطة هيدروجينية . وقدرة هذه الروابط الهيدروجينية مهمة في تحديد تركيب البروتين . ويمكن أن تتكون رابطة هيدروجينية بين ذرة أكسجين في جزء سلسلة الببتيد وبين ذرة نيتروجين في جزء آخر للسلسلة نفسها .

ولا توجد البروتينات في الطبيعة بهذه البساطة من التركيب الأولي الذي ذكرناه سابقا ، بل تميل إلى الانثناء ؛ لتكون تراكيباً أكثر تعقيداً ، وتلعب هذه التراكيب دوراً مهما في تحديد الخصائص الحيوية المميزة لكل بروتين .

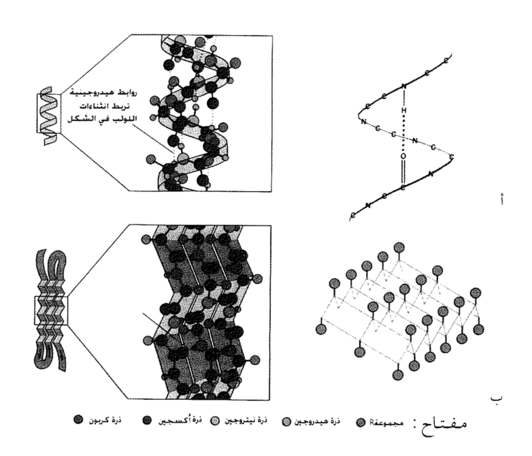
٥-٢- التركيب الثانوي للبروتين Protein Secondary Structure

يشتمل التركيب الثانوي لجزيئات البروتين على انثناء سلسلة ببتيد إلى لولب ، أو بعض أشكال منتظمة أخرى . ويعزى الانتظام إلى تفاعل بين الذرات إلى انتظام أساس سلسلة عديد الببتيد (العمود الفقري(backbone) . ولا تلعب المجموعات الفعالة دورا في تكوين الروابط التي تبني التركيب الثانوي . وكذلك الروابط الهيدروجينية المفردة ضعيفة ، إلا أن تكرارها مئات المرات ، أو آلافها على طول الجزيء يعطي التركيب الثانوي للبروتين قوة كبيرة . وسلاسل الببتيد عادة لا تصطف مسطحة(flat) ، أو ملتفة (coil) عشوائيا ، لكنها تلتف ؛ لتحدث تركيباً دقيقاً ثلاثي الأبعاد . ومن أكثر أنواع التركيب الثانوي شيوعا ، لولب الفا (alpha helix) وتركيب بيتا (B- structure) .

٥-٢-١- لولب ألفا (Alpha helix)

يمكن أن تكوّن سلسلة عديد الببتيد لفة ، أو حلزوناً في الطريقة نفسها التي يمكن أن تثني بها قطعة من الخيط على شكل لفة ، ولولب ألفا تركيب هندسي منتظم جداً ، حيث تنثني سلسلة عديد الببتيد بنسبة ٣و٦ حامضا أمينيا في كل دورة كاملة من السلسلة ، وتسمح بتكوين روابط هيدروجينية بين الأحماض الأمينية في لفات متتالية للولب الملتف (spiral coil) شكل (١-١٤أ) ، وتقع روابط الهيدروجين بين ذرات في سلسلة عديد الببتيد نفسها . وهي موازية لمحور اللولب ، وتمتد من نيتروجين

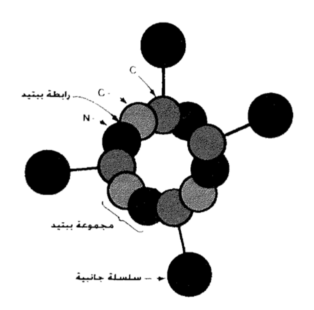
أحد روابط الببتيد وأكسجين الكاربونيل(C= O) للحامض الأميني الرابع تحت السلسلة .



شكل (١-١٤أ)

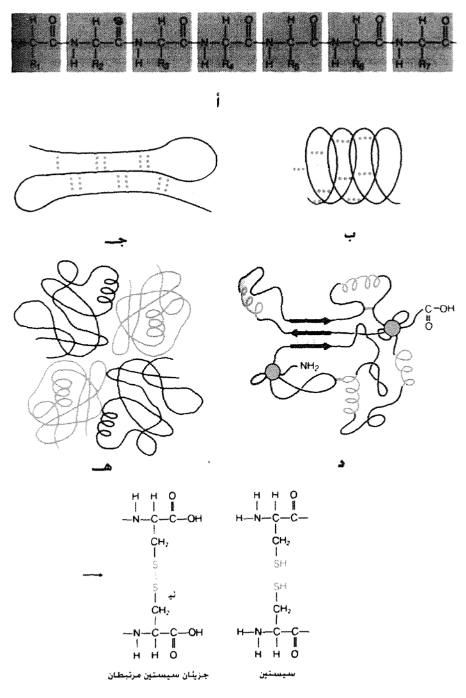
لولب ألفا ، أحد أنواع التركيب الثانوي للبروتينات

وفي هذا الوضع من انثناء السلسلة تشترك كل ذرة C وذرة N في رابطة الببتيد في رابطة هيدروجينية . وتبرز مجموعات R خارج السلسلة شكل (١-١٥) . إن حجم ، وشحنة مجموعات R يجعلها قادرة على تثبيت الترتيب أكثر بتفاعلها مع مجموعات محيطة بها ، مثلا ، مجموعة R الضخمة في الأزوليوسين (isoleucin) شكل (١-١٠) توجد في طريق مجموعات R المجاورة بحيث لا تستطيع الأحماض الأمينية أن تشغل أماكن ضرورية للروابط الهيدروجينية للولب ألفا .



شكل (١-١٥)شكل تخطيطي لقطاع عرضي للفة واحدة من لولب ألفا

وأجزاء من سلاسل عديدة الببتيد لعدة بروتينات تكون على شكل لولب ألفا قصير مرن ، ومن الأمثلة عليها البروتينات الكروية (globular proteins) . لكن البروتينات الليفية (fibrous proteins) ، مثل الشعر والعظم والقرون ، تتكون من كيراتين (keratin) ، ينثني داخليا في لولب ألفا . وفي الشعر تلتف ثلاثة جزيئات من لولب ألفا حول بعضها لتنتج لولبا ضخماً (superhelix) يسمى ليفة (microfibril) . وتنغمر مئات منها في المادة البينية للبروتين ، وتحتوي كميات مختلفة من الكبريت والحامض الأميني سيستين (cystein) مكونة شعرة احدة . وتعتمد قابلية الشعر للمطاطية على استطالة لوالب ألفا لجزيئات الكيراتين في الشخص . ويمكن أن يعود ذلك إلى تكوينها ، ليس من خلال قوة روابطها الهيدروجينية (التي تنكسر عند شدها) لكن لأن الروابط ترتبط بجسور تساهمية ثنائي الكبريتيد بين المجموعات الجانبية للسيستين (cystien residues) شكل (١-١٦) .



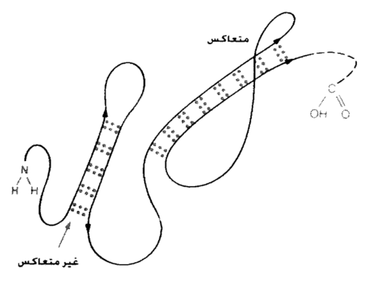
شكل (١-١٦) جزيئان من الحامض الأميني سيستين يمكنهما عمل جسر ثنائي الكبريتيد بين مناطق مختلفة من سلسلة عديد الببتيد ، مرسخاً الشكل الثلاثي الأبعاد للبروتين .

وكما في جميع البوليمرات (polymers) ، فإن وجود جسور ثنائي الكبريتيد يحدد صلابة الناتج . فالكيراتين الذي يحتوي على أعداد قليلة من السيستين يكون ناعما (soft) مثل الشعر ، وهذا يعني وجود جسور من ثنائي الكبريتيد ، بينما الكيراتين الذي يحتوي أعدادا كثيرة من السيستين يعني وجود جسور كثيرة من ثنائي الكبريتيد يكون صلبا (hard) ، مثل القرون .

والأساس في تموج الشعر الدائم (أو الاستقامة(straightening) هو تكسر جسور ثنائي الكبريتيد ومن ثم إعادة تشكيلها بعد أن تكون الألياف قد شوهت (distorted) ، ويختفي التموج بنمو الشعر .

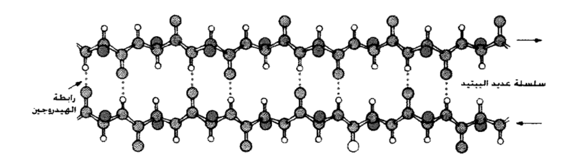
٥-٢-٢- تركيب بيتا B- Structure

عكس تنظيم اللفة اللولبية ، يمكن أن توجد سلسلة عديدة الببتيد في شكل أكثر مرونة ، حيث ينثني عديد الببتيد خلفا على نفسه شكل (١-١٧) .



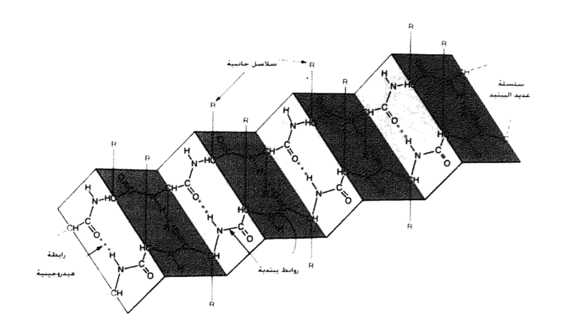
شكل (١-١٧) يتكون تركيب بيتا بين امتدادات سلسلة عديد الببتيد ، وتكون إما متعاكسة أو غير متعاكسة فيما يتعلق بقطبية NH_2 إلى COOH للسلسلة ، وتدل النقاط الحمراء على روابط هيدروجينية

ويمتد جزءان من السلسلة جنبا إلى جنب في تركيب متعاكس ، او غير متعاكس . وفي هذا الترتيب يستطيع كل جزء أن يصبح رابطة هيدروجينية للجزء الآخر ، معطياً شكلا من التركيب الثانوي يدعى تركيب بيتا شكل (١-١٨) .



شكل (١-١٨) يتكون تركيب بيتا بين امتدادين لسلسلة عديد الببتيد في اتجاه غير متعاكس . وروابط الهيدروجين بين قسمين عديد الببتيد يحفظ توازن مشاركتها

ويمكن أن يكون جزءاً من سلسلة عديد الببتيد روابط هيدروجينية مع جزء من السلسلة الممتدة عند كل جانب من جوانبه . وهذا التنظيم التركيبي ، مع جزءين أو أكثر من السلسلة تنثني كل منها على الأخرى ، تدعى أيضا صفيحة بيتا المنثنية (B - pleated sheet) ؛ لأن زوايا الرابطة في السلاسل المتعاكسة هي في انتظام بحيث تعطي انطباعا بوجود صفيحة بها انثناءات شكل (١-١٩) . وفي صفيحة بيتا المنثنية تبرز مجموعات R (لدوائر الحمراء) فوق وأسفل مستوى سطح الصفيحة .



شكل (١-١٩) صفيحة بيتا المنثنية

وتوجد مناطق تركيب بيتا في عدة بروتينات ، لكن صفائح بيتا المنثنية مع ثلاثة أجزاء ، أو أكثر من السلسلة مرتبطة معا هي نادرة الوجود . ومثال على بروتين مع صفائح بيتا المنثنية الواسعة هو البروتين فيبروين (fibroin) وهو المركب الرئيس لخيوط الحرير (silk fibers) . ويعزى لمعان الحرير إلى خاصية الانعكاس لصفائح بيتا المثنية .

ويثبت التركيب في الحرير ليس بروابط هيدروجينية فقط ، لكن بوساطة تفاعلات كارهة للماء للسلاسل الجانبية ، التي تبرز بالتبادل (alternately) على أحد جانبي الصفيحة . وتسلسل الحرير غالبا Ala -Gly -Ala- Gly- Ser- Gly ،

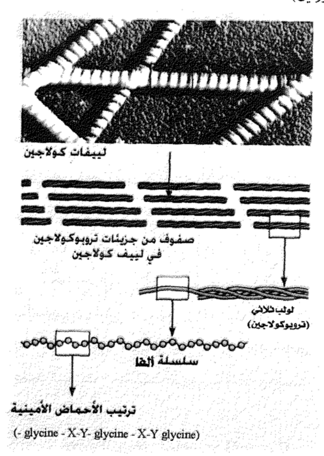
ويتكرر ثانية . وجميع السلاسل الجانبية للجلايسين (-H) تبرز على أحد الجانبين من الصفيحة ، وجميع السلاسل الجانبية للسيرين($-CH_2 OH$) وللألانين ($-CH_3$)تبرز على الجانب الآخر ، وبذلك تسمح للصفائح أن تتراكم واحدة فوق الأخرى . وسلاسل الحرير عديد الببتيد دائماً ممتدة إلى النهاية ، ونتيجة لهذا ، فإن الليفة ، أو الصفيحة لها قدرة بسيطة للمطاطية ، مع أن الصفائح نفسها – ترتبط معا بروابط ضعيفة – تستطيع الانثناء ، وبذلك تعطي درجة من المرونة . وهذا مثال واضح على التركيب الأولي الذي يحدد التركيب الثانوي والسمات النهائية للمادة . وبعض أنواع من دودة الحرير تنتج خيوط حرير بصفات قريبة من صفات الصوف – الذي يبدو مصنوعا من الكيراتين ، ويستطيع أن يكون مرنا تماما . وفي أثناء التحليل وجدت خيوط هذا الحرير أنها تتكون من الفبروين (fibroin) مع عدد من الأحماض الأمينية غير سيرين ، وجلاسيين ، والألانين ، التي لا تنتظم عند تكوين الصفيحة . وبناء على ذلك فإن انتشار هذه المناطق الممتدة خلال معظم المناطق البلورية (crystalline) من الصفيحة تسمح للجزيئات أن تمتد في طريقة مشابهة لتلك التي في الكيراتين .

وإحدى وحدات بناء البروتين التي لا تتوقع أن تجده في أي من هذه التراكيب المنتظمة هو البرولين ، وله مجموعة NH مكان مجموعة NH_2 ، ولذلك يدعى حامض إيميني (imino acid) بدلا من حامض أميني (amino acid) . وغياب ذرة الهيدروجين الزائدة على رابطة النيتروجين يعني عدم وجود رابطة هيدروجينية ثابتة يمكن أن تتكون مع المجموعات الجانبية (residues) على طول السلسلة ؛ وأيضا التركيب الصلب الحلقي للبروتين يجبر سلسلة عديد الببتيد أن تلتوي ، وبكلمات أخرى ، فإنه يعمل كمحطم للولب . وكثيرا ما يوجد البروتين في البروتينات الكروية في نهاية القطع المنتظمة ، حيث تنثني سلسلة عديد الببتيد خلفا على نفسها .

٥-٢-٣-اللولب الضخم للكولاجين The Collagen Superhelix

الكولاجين بروتين ليفي (fibrous protein) ، غير عادي حيث يعتمد تركيبه المنتظم إما على وجود البروتين أو على مشتقه المتضمن هيدروكسيل (hydroxylated derivative) هيدروكسي برولين (hydroxyproline) . وهو المكون الرئيس للتحمة العين والأوتار ، حيث تحتاج أن تكون نسبياً خاملة (inert) وغير مرنة (inelastic) .

ويمكن تحقيق هذه الصفات بوساطة لولب طويل وصفات داخلية مختلفة عن لولب ألفا . تلتوي (twist) اللوالب في الاتجاه الآخر ، وثلاثة منها تنجدل (interwine) في اتجاه لولب ألفا نفسه لتكون لولبا ضخما (superhelix) شكل (١-٢٠) . وفي هذا التركيب في مثل هذه الحالة يوجد عند كل ثلث موقع غرفة فقط لأصغر حامض أميني ، جلايسين ، بينما الموقعان الباقيان يحتويان برولين (سهل جدا في موقع ، وأقل سهولة في آخر) . وعند تحليل الأحماض الأمينية في الكولاجين فانه يعطي نحو $\frac{1}{3}$ جلايسين ، و$\frac{1}{3}$ برولين وهيدروكسي برولين ، و $\frac{1}{6}$ أحماضاً أمينية أخرى ، وهذا الترتيب هو تكرار جلايسين × برولين (أو أحيانا هيدروكسي البرولين مكان برولين) .



شكل (١-٢٠) تركيب الكولاجين . (×) تعني برولين . (Y) تعني برولين متكيف (مع مجموعة OH- ملتصقة) .

٥-٣- التركيب الثلاثي للبروتين Protein Tertiary Structure

ينتج التركيب الثلاثي للبروتين من التفاف وانثناء لولب ألفا وتركيب بيتا (أو أي شكل من التركيب الثانوي) إلى شكل كروي ، أو أي شكل آخر . ويحدد هذا التركيب ثلاثي الأبعاد بأربعة عوامل رئيسة تتضمن تفاعلات بين مجموعات R .

١- روابط هيدرجينية بين مجموعات R في وحدات الأحماض الأمينية في اللوالب المتجاورة لسلسلة عديد الببتيد نفسها . .

٢- التجاذب الأيوني بينما مجموعات R موجبة الشحنة وأخرى سالبة الشحنة .

٣- التفاعلات الكارهة للماء الناتجة عن ميل مجموعات R غير المستقطبة ؛ داخل التركيب الكروي بعيدا عن الماء المحيط .

٤- روابط تساهمية تعرف بروابط ثنائي الكبريتيد (-S-S) تربط ذرات الكبريت لحامضين أمينين من السيستين . ويمكن لروابط ثنائى الكبريتيد أن تربط جزءين من سلسلة عديد الببتيد نفسها أو تربط سلسلتين مختلفتين شكل (١-١٦) .

٥-٤ التركيب الرباعي للبروتين Protein Quaternary Structure

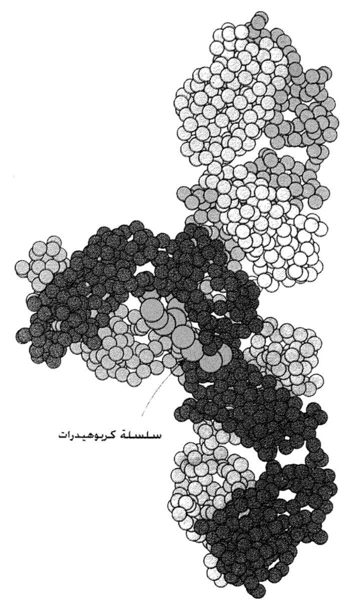
البروتينات التي تتكون من سلسلتي عديد الببتيد ، أو أكثر لها تركيب رباعي ، ويفرض الترتيب بوساطة سلاسل عديد الببتيد ، كل بتركيبها الخاص الأولي ، والثانوي والثلاثي ، لتكون جزيء بروتين حيوي نشط . فالهيموجلوبين ، بروتين في خلايا الدم الحمراء ضرورى لنقل الأكسجين ، مثال على بروتين كروي بتركيب رباعي ، شكل (١-٢١) ، ويتكون الهيملوجلوبين من ٥٧٤ حامضا أمينياً مرتبة في أربعة سلاسل عديد الببتيد - سلسلتا ألفا متماثلتان وسلسلتا بيتا متماثلتان- والتركيب الكيميائي له :

$$C_{3032}\ H_{4816}\ O_{872}\ N_{780}\ S_{8}\ Fe_{4}$$



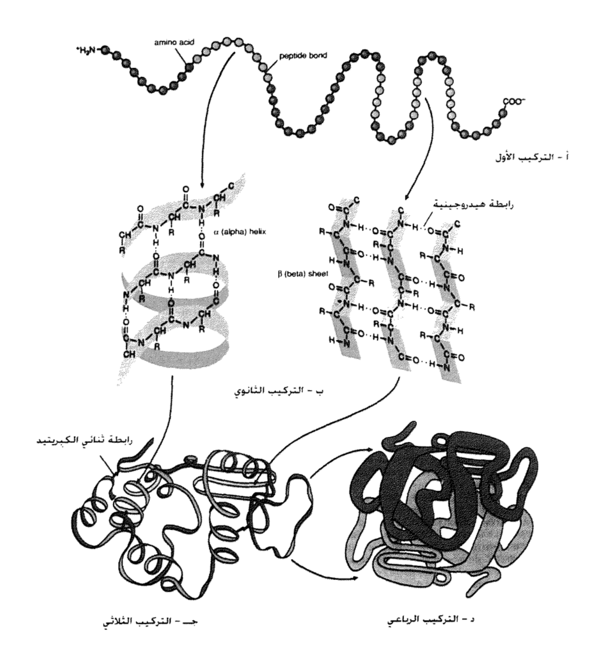
شكل (١-٢١) الهيموجلوبين ، بروتين كروي الشكل يحتوي أربع وحدات عديدة الببتيد . ويتكون تركيبه الرباعي من الشكل النهائي حيث تتحدد الوحدات في الهيموجلوبين كل عديد ببتيد يتضمن تركيبا يحتوي حديدا (تظهر كأقراص خضراء)

والجسم المضاد مثال آخر على التركيب الرباعي ؛ بروتين مكون من أربع سلاسل منثنية معا بوساطة عدة أنواع من التفاعلات والروابط ، متضمنة راوبط ثنائي الكبريتيد شكل (١-٢٢) .



شكل (١-٢٢) أنموذج لجسم فراغي لتركيب ثلاثي الأبعاد لجسم مضاد. يتكون الجسم المضاد من سلسلتين متماثلتين خفيفتين (واحدة باللون الوردي الفاتح والأخرى باللون الرمادي الفاتح)، ومن سلسلتين متماثلتين ثقيلتين (واحدة باللون الوردي الغامق، والأخرى باللون الرمادي الغامق) وترتبط السلاسل الأربع بتركيب رباعي بوساطة جسور ثنائي الكبريتيد).

والشكل (١-٢٣) يلخص مستويات التركيب في البروتينات .



الشكل (١-٢٣) مستويات تركيب البروتين للبروتين الرباعي

٥-٥- تغير طبيعة البروتينات Denaturation of Proteins

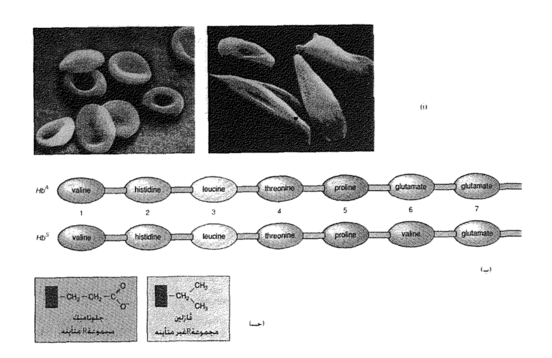
يحدد تركيب البروتين نشاطه الحيوي . ويمكن أن يكون للبروتين الواحد تراكيب متنوعة ، وأكثر من وظيفة واحدة . وعدة بروتينات ، تتكون من قطعتين كرويتين ، أو أكثر ، تدعى حقولاً (domains) ، وتتصل مع مناطق أقل التزازا (compact) من سلسلة عديد الببتيد . ويمكن أن يكون لكل حقل وظيفة مختلفة .

وعندما تصنع الخلية بروتينا ، فإن سلاسل عديد الببتيد تلقائيا تفرض تركيباً ثلاثي الأبعاد . ويحدد التكوين بوساطة تركيب الببتيد الأولي . وتحديد تركيب البروتين من تسلسل الأحماض الأمينية ، صعب تماما نظراً لاحتمال الاتحادات الممكنة من أشكال الانثناء .

والآن تطورت برامج الحاسوب لتحديد التركيب الثانوي للبروتين من تسلسل الأحماض الأمينية .

ويمكن تعطيل النشاط الحيوي للبروتين بتغير تسلسل الأحماض الأمينية ، أو بتركيب البروتين . عندما تحدث طفرة ، وتسبب تغيير تسلسل الأحماض الأمينية في الهيموجلوبين ، وهذا الاضطراب يسبب أنيميا الخلية المنجلية (sickle cell anemia) شكل (١-٢٤) .

طول السلسلة في كل من الهيموجلوبين العادي وأنيميا الخلية المنجلية ١٤٦ حامضاً أمينياً ، وجزيئات الهيموجلوبين في الشخص المصاب بأنيميا الخلية المنجلية يحل فيها الحامض الأميني ڤالين محل حامض الجلوتاميك على الموقع رقم٦ . والفرق بينها أن مجموعة R للحامض الأميني ڤالين لاقطبية ، بينما هي قطبية في الحامض الأميني جلوتاميك . وهذا يجعل هيموجلوبين الخلية المنجلية أقل ذائبية في الماء ويترسب خارج المحلول ، وبهذا يقصر هذا الجزيء في الطول ، بحيث يصبح شكله عصويا شبه صلب ، ويندفع ضاغطاً على الغشاء البلازمي ، وبهذا يتغير شكل خلية الدم الحمراء الطبيعية إلى الشكل المنجلي .



شكل (١-٢٤) صورة مجهر الكتروني ماسح :

أ- الخلايا دم حمراء طبيعية (على اليسار والخلايا دم حمراء منجلية (على اليمين) .

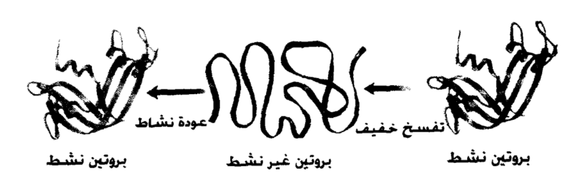
ب- بروتين في سلسلة هيموجلوبين طبيعي Hb^A ، وفي هيموجلوبين خلية منجلية Hb^S .

ج- الحامض الأميني جلوتاميك والحامض الأميني ڤالين

ويمكن إحداث الفوضى في التركيب الثلاثي ، والرباعي للبروتينات بسهولة بوساطة ظروف تتغلب على القوى الضعيفة التي يعتمد عليها انثناء عديد الببتيد . ودرجة الحرارة ، و pH العالية والمنخفضة ، والمواد التي تمزق الروابط الهيدروجينية جميعها تسبب عدم انثناءات عديد الببتيد . وعدم الانثناء هذا يسمى تغير طبيعة البروتين ، وهذا الثبات مصحوبا بفقدان البروتين للعمل الحيوي ، (مثل نشاط الأنزيم) . والبروتينات التي تتغير طبيعتها هي عادة بروتينات لا تذوب في الماء ، لأن تغير طبيعة البروتين يكشف عن مجموعات R الداخلية الكارهة للماء . ولهذا عند

تسخين البروتينات الذائبة في الماء ، يمكن أن تفقد ذائبيتها وتترسب . ومن الأمثلة المألوفة ، تغير طبيعة البروتينات التي تتسبب عن تسخين الحليب حيث تترسب هذه البروتينات التي فقدت طبيعتها ، وتكون طبقة جلدية على السطح . وهذه يعني ، الحامض الأميني رقم ٦ من النهاية الطرفية في سلسلة بيتا . والفالين بجهة السلسلة غير المشحونة والجلوتاميت بطرف السلسلة المشحونة تجعل الهيموجلوبين أقل ذائبية وأكثر ميلانا لتكوين تراكيب بلورية تغير شكل خلية الدم الحمراء .

ومثل هذه التغيرات في فقدان النشاط الحيوي وتغيير الشكل اصطلح عليها تغير طبيعة البروتين . وتغير طبيعة البروتين بصورة عامة غير منعكسة . ومع هذا ، تحت ظروف معينة ، فإن بعض البروتينات التي تغيرت طبيعتها ترجع إلى شكلها الأصلي ونشاطها الحيوي عندما ترجع الظروف البيئية الطبيعية .



شكل (١-٢٥) تغير طبيعة إنزيم رايبونيوكلييز (RNasc) واستعادة نشاطه

٥-٦- وظائف البروتينات Functions of proteins

غالبا معظم الإنزيمات التي تساعد التفاعلات الكيميائية في الخلية هي بروتينات ، ومع أن غالبية الإنزيمات هي بروتينات ، لكن ليس جميع البروتينات هي إنزيمات ، وبعض البروتينات ليس لها نشاط إنزيمي إنما لها أدوار أخرى . كولاجين ، (collagen) ، بروتين تصنعه الخلايا الليفية في النسيج الضام ، ويتحرر إلى الفراغ خارج الخلية ، وله وظيفة تركيبية . وبعد تحرره من الخلية ، فإن الكولاجين ؛ المادة التي تشكل البروتينات (precursor proteins) تتجمع على شكل خيوط ، مكونة أوتاراً (tendons) ، وروابط (ligaments) ، والأجزاء البروتينية من العظم ، وبعض البروتينات غير الإنزيمية ، مثل الهيستونات (histones) ، لها أدوار في تركيب ، وعمل الكروموسومات .

وحتى الخلايا البسيطة نسبياً ، مثل البكتيريا ، تحتوي تقريبا ٢٠٠٠ بروتين مختلف ، وتعرف مهام أقل من نصف هذه البروتينات فقط ، وتسهم جميع بروتينات الخلية في عمل أو آخر من أعمال الخلية وتراكيبها . وحلول معظم المشاكل غير المحلولة في حيوية الخلية تعتمد على معرفة الوظائف الإنزيمية ، أو غيرها لعدد من هذه البروتينات . وتنتشر البروتينات داخل الخلية ، ويعمل معظمها في حالة ذائبة في السيتوبلازم ، وفي السائل النووي (nuclear sap) . وبروتينات أخرى هي أجزاء فاعلة في تراكيب وعضيات ، مثل الأغشية ، والرايبوسومات ، والكروموسومات ، والأجسام الفتيلية . .الخ . وكل تركيب أو عضي في خلية يحتوي سلسلة معينة من البروتينات . وتوجد عدة بروتينات في نواة وسيتوبلازم كل من الخلايا حقيقية النوي ، مع أن بعض البروتينات توجد فقط إما في النواة أو في السيتوبلازم . إضافة إلى أن عدة بروتينات تتحرك باستمرار ذهابا وإيابا بين النواة والسيتوبلازم . وحركة بعض هذه البروتينات تبني اتصالا جزيئيا بين النواة والسيتوبلازم . ويعكس كل من هذين التركيبين نشاطات التركيب الآخر ويؤازران بعضهما .

٥-٧- دوران (تقلب) البروتينات Tunover of proteins

تصنع البروتينات في الخلية باستمرار، وتتكسر إلى أحماض أمينية؛ ويعني أنها تتقلب (تدور). ويحدث التقلب (الدوران) تقريبا في جزء، وذلك لأن جزيئات البروتين تتحطم بتصادمها مع جزيئات أخرى. وبوسائل لا نعرفها يتم تمييز البروتينات المتحطمة داخل الخلية وتختار لتتكسر إلى أحماض أمينية بوساطة إنزيمات محطمة تدعى بورتييزات(proteases) . ويعاد استخدام الأحماض الأمينية المتحررة في التصنيع المستمر للبروتينات الجديدة. ومعظم الجزيئات الأخرى (ر ن أ، الليبيدات، الكاربوهيدرات . .) يحدث لها تقلب (دوران) مشابه. باستثناء د ن أ لا يحدث له تقلب (دوران). وبدلا عن ذلك توجد في الخلية إنزيمات تميز القطع التالفة من جزيئات د ن أ وتصلحها، وتمنع امتداد التلف.

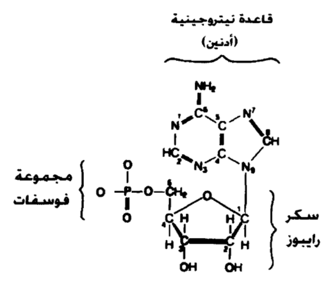
وتتراوح مدة حياة معظم مختلف أنواع جزيئات البروتينات في خلية الثدييات بين عدة ساعات إلى أسبوع، أو أكثر. وبسبب هذا التقلب (الدوران)، يمكن إعطاء علامة للبروتينات بوساطة نشاط إشعاعي (redioactivity) بإدخال حامض أميني يحتوي كربوناً مشعاً (^{14}C) إلى الخلية، أو هيدروجين مشع (^{3}H) أو تريتيوم)، وإعطاء العلامة يحدث حتى في الخلايا غير النامية. والقدرة على إعطاء علامة للبروتينات بوساطة النشاط الاشعاعي يعطي أداة مهمة لتحليل آلية تصنيع البروتينات وسلوكها في الخلية.

٦. النيوكليوتيدات والأحماض النووية

Ncleotides and Nucleic Acids

يبلغ وزن الأحماض النووية ٠٥,٠ – ١٪ من وزن خلية جافة. وتحتوي الخلية نوعين من جزيئات الأحماض النووية ،الحامض النووي الرايبوزي (ribonucleic acid)(RNA)(ر ن أ) والحامض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين (deoxyribonucleic acid)(DNA)(د ن أ). ويختلف هذان الجزيئان في التراكيب الكيميائية لمكوناتهما من النيوكليوتيدات. والاختلافات بسيطة، لكنها

مهمة . ر ن أ و د ن أ مختلفان تماما ، بالرغم من ارتباط وظائفهما في الخلية .
ويتكون جزيء الحامض النووي من وحدات بنائية صغيرة(monomerse) تدعى نيوكليوتيدات ، مرتبطة معا لتكون سلاسل طويلة . ويتركب النيوكليوتيد الواحد من ثلاثة أجزاء : قاعدة نيتروجينية (nitrogen base) ، يمكن أن تكون بيورين(purine) أو بيريميدين(pyrimidine) ، وجزيء سكر ، ومجموعة فوسفات PO_4 شكل (١-٢٦) .



شكل (١-٢٦) تركيب نيوكليوتيد

ويتكون ر ن أ من أربعة أنواع من النيوكليوتيدات . يوضحها شكل (١-٢٧) . وتحتوي القواعد النيتروجينية الأربع ، اثنتان من البيورينات هما (أدنين (adenine) وجوانين (guanine) ، واثنتان من البريميدينات هما سايتوسين (cytosin) ويوراسل (uracil) . وفي كل حالة ، يرتبط سكر الرايبوز مع البيورين او البيريميدين ، شكل (١-٢٧) ، ومجموعة PO_4 ترتبط مع ذرة الكربون رقم ٥ من جزيء الرايبوز ويسمى البيورين والبيريميدين مع جزيء الرايبوز المرتبط به ؛ نيوكليوسيد (nucleoside)والأربعة نيوكليوسيدات في ر ن أ تدعى أدينوسين(adenosine) ، جوانوسين (guanosine) ، سيتيدين (cytidine) ويوريدين (uridine) .

وارتباط PO_4 مع السكر في النيوكليوسيد يكون نيوكليوتيد . والنيوكليوتيدات الأربعة لـ ر ن أ هي ، حامض الأدينلك(adenylic acid) ، وحامض جوانيليك (guanylic acid) ، وحامض سيتيديللك (cytidylic acid) ، وحامض يوريديلك (uridylic acid) . وتسمى أحياناً النيتوكليوتيد نيوكليوسيد أحادي الفوسفات (nucleosidemonphosphate) ، وهذا يعني ، أدينوسين أحادي الفوسفات (adenosine monophosphate) (AMP) ، جوانوسين أحادي الفوسفات (GMP) (gyanosine monophosphate) ، سيتيدين أحادي الفوسفات (CMP) (cytidine monophoshpate) ، ويورديدين أحادي الفوسفات (UMP) (uridin momophosphate) .

شكل (١-٢٧) النيوكليوتيدات الأربعة المختلفة التي تكون ر ن أ (RNA)

أدينوسين منقوص الأكسجين أحادي الفوسفات

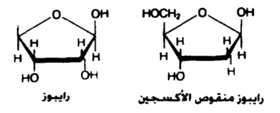
جوانوسين منقوص الأكسجين أحادي الفوسفات

سيتدين منقوص الأكسجين أحادي الفوسفات

ثايميدين منقوص الأكسجين أحادي الفوسفات

شكل (١-٢٨) النيوكليوتيدات الأربعة المختلفة التي تكون د ن أ (DNA)

ويتكون د ن أ أيضا من أربعة نيوكليوتيدات شكل (١-٢٨) ، ولكنه يختلف عن ر ن أ في نقطتين رئيستين (١) البريميدين يوراسل في رن أ وفي دن أ فهو ثايمين . واليوراسل والثايمين متشابهان كثيرا في التركيب ؛ في الثايمين حلقة البريميدين لها مجموعة ميثل (CH_3) مرتبطة مع ذرة الكربون الخامسة في الحلقة ، واليوراسل له ذرة هيدروجين بدلا منها (قارن بين شكل (١-٢٧) و شكل (١-٢٨)) . (٢) رايبوز موجود في نيوكليوتيدات رن أ ورايبوز منقوص الأكسجين موجـود في نيوكليوتيدات د ن أ . ورايبوز منقوص الأكسجين هو جزيء رايبوز له ذرة H (هيدروجين) على ذرة الهيدروجين التالية بدلا من مجموعة OH شكل (١-٢٩) .



شكل (١-٢٩) رايبوز سكر خماسي في نيوكليوتيدات ر ن أ ، والرايبوز منقوص الأكسجين سكر خماسي في نيوكليوتيدات د ن أ . الفرق بين السكرين موضح بالأحمر .

وأسماء المكونات في نيوكليوتيدات ر ن أ و د ن أ ملخصة في الجدول (١-٣) .

جدول (١-٣) تسمية الأحماض الامينية

قاعدة	نيوكليوسيد	نيوكليوتيد
بيورينات PU		
أدنين (A)	أدينوسين (rA)	حـامض الأدينليك، أو أدينوسين أحـادي الفوسفات(AMP)
	أدينوسين منقوص الأكسجين (dA)	حـامض الأدينليك منقـوص الأكسـجين ، أو أدينوسين منقـوص الأكسـجين أحـادي الفوسفات (dAMP)
جوانين(G)	جوانوسين(rG)	حـامض جـوانيليك ، أو جـوانوسين أحـادي الفوسفات(GMP)
	جوانوسين منقوص الأكسجين (dG)	حـامض جـوانيليك منقـوص الأكسـجين، أو جـوانوسين منقـوص الأكسـجين أحـادي الفوسفات (dGMP).
بيريميدينات (py)		
سايتورسين (C)	سيتيدين (rC)	حـامض سيـتـديلك، أو سيـتـيـدين أحـادي الفوسفات (CMP)
	سيـتيـدين منقـوص الأكسـجين (dC)	حـامض سيـتـديلك منقـوص الأكسـجين، أو سيتيدين منقوص الأكسجين احادي الفوسفات (dCMP)
ثايمين (T)	ثايمدين (dT)	حامض ثايمديلك ، أو ثايمين أحادي الفوسفات (TMP)
يوراسل (U)	يوريدين (rU)	حامض يوريديلك، أو يوريدين أحادي الفوسفات (UMP)

إن ارتباط الرايبوز منقوص الأكسجين مع اثنين من البيورينات (أدنين وجوانين) ومع اثنين من البريميدينات (سايتوسين وثايمين) تنتج أربعة نيوكليوسيدات ، ولأن السكر رايبوز منقوص الاكسجين بدلا من رايبوز ، تدعى نيوكليوسيدات منقوصات الأكسجين (deoxynuecosides) ، ونيوكليوسيدات د ن أ هي أدينوسين منقوص الأكسجين (deoxyguanosine) وجوانوسين منقوص الأكسجين (deoxyguanosine) ، وسيتدين منقوص الأكسجين (deoxycytidine) ، وثايميدين thmidin) ، ويحذف مقطع منقوص الأكسجين لأن الثايميدين يوجد فقط في د ن أ ، ويحتوى دائما رايبوز منقوص الأكسجين . والنيوكليوتيد منقوص الاكسجين هو نيوكليوسيد منقوص الأكسجين مع مجموعة PO_4 (نيوكليوتيد منقوص الاكسجين = فوسفات نيوكليوسيد منقوص الاكسجين) ، والنيوكليويتدات منقوصات الأكسجين الأربعة نيوكليوسيد منقوص الأكسجين أحادي الفوسفات هي : أدينوسين منقوص الاكسجين أحادي الفوسفات (dAMP) (deoxyadenosine monophosphate) ، جوانوسين منقوص الاكسجين أحادي الفوسفات dGMP) ، وسايتدين منقوص الأكسجين أحادي الفوسفات (dCMP) ، وثايميدين أحادي الفوسفاتTMP) .

١-لاحظ أن لكل نيوكليوتيد اسمين للمادة نفسها .

٢- ثايميدين هو شكل منقوص الأكسجين . وشكل الرايبوز- رايبو سيلتايمين عادة غير موجود في الأحماض النووية .

٣- يوريدين هو شكل الرايبوز : يوريدين منقوص الأكسجين عادة غير موجود .

والنيوكليوتيدات منقوصات الأكسجين الأربعة أيضا تسمى بالمرادفات حامض أدينيلك منقوص الأكسجين (deoxyadenylic acid) ، وحامض جوانيليك منقوص الاكسجين (doxyguanylic acid) وحامض سيتيديليك منقوص الأكسجين (deoxycytidlic acid) ، وحامض الثايميديليك (thymidylic acid) .

واختصارا ، فإن النيوكليوتيدات الأربعة لـ ر ن أ تتكون من رايبوز مرتبط مع الأدنين ، جوانين ، سايتوسين ، ويوراسل ، وكذلك مع PO4 المرتبطة مع الرايبوز . ومثلها ، النيوكليوتيدات منقوصات الأكسجين في د ن أ تتكون من رايبوز منقوص الأكسجين ترتبط مع الأدنين ، وجوانين ، وسايتوسين ، وثايمين ، مع PO_4 المرتبطة مع الرايبوز منقوص الأكسجين . في ر ن أ و د ن أ ترتبط النيوكليوتيدات الأربعة في سلاسل طويلة ، ومجموعة الفوسفات لأحد النيوكليوتيدات ترتبط مع ذرة الكربون في سكر النيوكليوتيد التالي .

ترتبط آلاف من النيوكليوتيدات معا لتكون سلسلة جزيئات كبيرة من ر ن أ أو د ن أ . ويوجد ر ن أ بكثرة في النواة ، حيث يصنَّع ، وفي السيتوبلازم حيث يلعب دورا رئيسا في تصنيع البروتين . ويوجد معظم د ن أ في الكروموسومات في النواة . وبعض د ن أ يوجد في الأجسام الفتيلية ، (ميتوكوندريا) ويوجد جزء منه في الجينات .

٦-١تركيب د ن أ The Structure of DNA

يتكون د ن أ من سلسلتين طويلتين جداً من عديد الببتيد تلتف حول بعضها مكونة لولبا مزدوجا (double helix) . وتتكون كل سلسلة من أربع وحدات صغيرة (مونوميرات) . اثنتان هما نيوكليوتيدات بيرميدين منقوصة الأكسجين ، ثايميدين أحادي الفوسفات (TMP) وسيتدين منقوص الأكسجين أحادي الفوسفات dCMP) . والاثنتان الأخريتان هما نيوكليوتيدات البيورين منقوصة الأكسجين : أدينوسين منقوص الأكسجين أحادي الفوسفات (dAMP) ، وجوانوسين منقوص الأكسجين أحادي الفوسفات (dGMP) شكل (١-٢٧) . ويتكون كل نيوكليوتيد منقوص الأكسجين من قاعدة نيتروجينية (ثايمين ، سايتوسين ، أدنين ، أو جوانين) مرتبطة مع الرايبوز منقوص الأكسجين (سكر) الذي يرتبط مع مجموعة الفوسفات (كما ذكرنا سابقا) .

والنيوكليوتيدات منقوصة الأكسجين للأنواع الأربعة ترتبط معا ؛ لتكون سلسلة طويلة . والرابطة بين نيوكليوتيدان تسمى رابطة فوسفات ثنائية الإستر

(phosphodiester bond) ، وفيها ترتبط مجموعة الفوسفات لإحدى النيوكليوتيدات منقوصة الأكسجين مع جزيء الرايبوز منقوص الأكسجين للنيوكليوتيد منقوص الأكسجين التالي شكل (١-٢٨) وهذه تسمى رابطة ٣َو٥َ فوسفات ثنائية الإستر . لأن مجموعة الفوسفات على الكربون ٣َ في الرايبوز منقوص الأكسجين ترتبط مع الكربون ٥َ في النيوكليوتيد التالي بوساطة رابطة تساهمية تسمى رابطة الإستر (ester linkage) . وبهذه الطريقة ترتبط آلاف أو حتى ملايين من الينوكليوتيدات منقوصة الأكسجين الأربعة معا ؛ لتكون سلسلة طويلة جداً من عديد الببتيد .

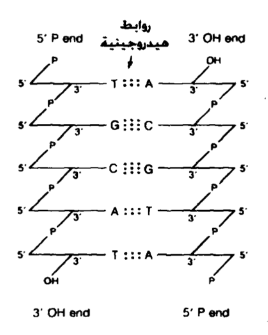
وتتفاعل سلسلتان عديد الببتيد في د ن أ لتكونان لولباً مزدوجاً ثابتاً ، فيه قاعدة ثايمين في إحدى السلسلتين تقترن دائما مع قاعدة أدنين في السلسلة الثانية ، والجوانين في إحدى السلسلتين تقترن دائماً مع السايتوسين في السلسلة الأخرى شكل (١-٣٠) . وعليه في كل الخلايا ، عدد الثايمينات دائماً يساوي عدد الأدنينات ، وعدد الجوانينات دائماً يساوي عدد السايتوسينات ، وهذا يعني أن :

$$[T] = [A]$$

$$[C] = [G]$$

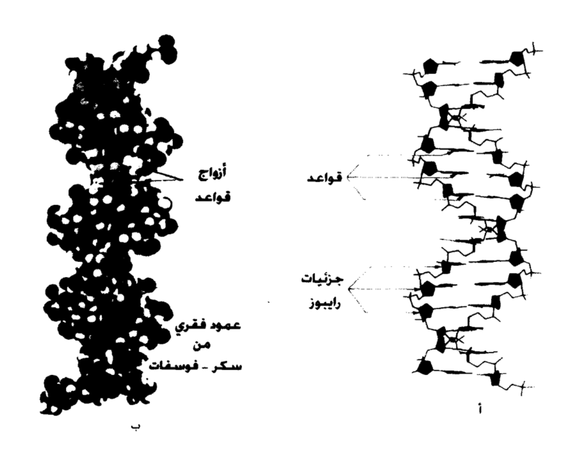
حيث [ ] يعني الوزن الجزيئي الغرامي (mole fraction) ، وعدد أزواج AT في اللولب المزدوج لـ د ن أ غالبا ما يختلف عن عدد أزواج GC . و د ن أ الإنسان يحتوي نحو 60٪ أزواج قواعد AT و ٤٠٪ أزواج قواعد GC ، وانتاميبا كولاي تحتوي ٤٨٪ أزواج قواعد AT و ٥٢٪ أزواج قواعد G C .

وترتبط سلسلتا اللولب المزدوج بوساطة رابطتين هيدروجينيتين بين كل من A وT وثلاثة روابطه هيدروجينية بين كل من G و C شكل (١-٢٩) . وفي المعدل ، فإن جزيء د ن أ في كروموسوم الإنسان يتكون من ١,٣ × ١٠^٨ أزواج قواعد نيتروجينية . حيث ٦٠٪ هي أزواج AT و ٤٠٪ هي أزواج GC ، وترتبط السلسلتان معا بوساطة ٣,١ × ١٠^٨ روابط هيدروجينية .



شكل (١-٣٠) تكوّن سلسلتان نيوكليوتيد منقوص الأكسجين لولباً مزدوجاً

والأجزاء الحلقية لقواعد البيورين وقواعد البيريميدين هي تراكيب مسطحة ، سطوحها المستوية عمودية على المحور الطويل في اللولب المزدوج شكل (١-٣١) . والقواعد المتتالية في كل سلسلة ترتص فوق بعضها بدوران بينهما فقط ١٢° ، وعليه فإن اللولب المزدوج يحتوي أكداسا متنامة من القواعد النيتروجينية التي تلتف حول بعضها . ويثبت تركيب اللولب المزدوج ، بوساطة نوعين من القوى الضعيفة ، الروابط الهيدروجينية بين القواعد المتتالية في السلسلتين المتقابليتن ، والتفاعلات الكارهة للماء بين قواعد السلسلة نفسها . وسلسلة د ن أ مستقطبة ؛ لأن رابطة فوسفات الإستر الثنائية هي بين الكربون ٣َ لأحد السكاكر والكربون ٥َ للسكر التالي . وعليه فان نهايات السلسلة مختلفة : ومجموعة 3َ-OH في الرايبوز منقوص الأكسجين تقع على إحدى النهايتين ، والكربون O التي تحمل مجموعة PO_4 في النهاية الأخرى شكل (١-٣٠) .ففي التركيب المزدوج فإن السلسلتين لهما استقطابان متضادان عند نهايتهما ، وعند كل نهاية للولب المزدوج إحدى السلسلتين تحمل 3َ-OH والأخرى تحمل 5َ-PO4 .

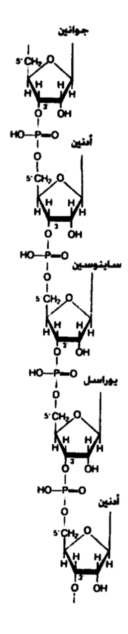


شكل (١-٣١)تركيب اللولب المزدوج د ن أ (أ) أنموذج هيكلي (ب) أنموذج فراغي

٢-٦ - تركيب ر ن أ The Structure of RNA

ر ن أ مثل د ن أ ، عبارة عن عديد ببتيد طويل يتكون من آلاف النيوكليوتيدات من الأنواع الأربعة ، ترتبط معا بروابط فوسفات ثنائية الإستر (phosphodiester) شكل (١-٣٢) .

ويختلف ر ن أ عن د ن أ كيميائيا في ثلاث نقاط رئيسة :



١ . في ر ن أ البيريميدين يوراسل يوجد بدلا من الثايمين . وبذلك فإن القواعد الأربع في ر ن أ هي ، يوراسل ، وسايتوسين ، وأدنين ، وجوانين . واليوراسل يشبه الثايمين في التركيب . في الثايمين مجموعة الميثيل (CH_3) ترتبط مع الموقع ٥َ في حلقة البريميدين . في اليوراسل ذرة الهيدروجين تحل محل مجموعة الميثيل .

٢ . في ر ن أ السكر هو رايبوز بدلا من رايبوز منقوص الأكسجين . وفي سكر الرايبوز توجد ذرة هيدروجين بدلا من مجموعة الهيدروكسل(OH) .

٣ . ر ن أ سلسلة مفردة عديد الببتيد بعكس د ن أ اللولب المزدوج . بما أن ر ن أ ليس مزدوج السلسلة ، فإن نسب قواعد اليوراسل إلى الأدنين والسيوسين إلى الجوانين عادة لا تساوي واحدا ، كما في د ن أ اللولب المزدوج .

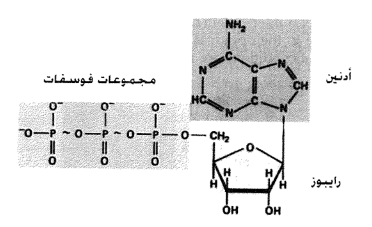
توجد ثلاثة أنواع من ر ن أ يلعب كل منها دورا معينا في صنع البروتين ، المرسال ر ن أ (messenger RNA) (mRNA) ، يقوم بنقل المعلومات الوراثية من جزيء د ن أ في النواة الى أماكن صنع البروتين (الرايبوسومات) في السيتوبلازم . والناقل ر ن أ (transfert RNA) ينقل كل واحد من هذه الأحماض النووية حامضاً أمينياً لمكان معين لصنع البروتين . والرايبوسوم ر ن أ(rRNA) (ripsomal RNA) ، يدخل في تركيب الرايبوسومات نفسها .

شكل (١-٣٢) تركيب ر ن أ

٦-٣- نيوكليوتيدات أخرى مهمة Other Important Nucleotides

إلى جانب أهمية النيوكليوتيدات كوحدات بناء الأحماض النووية ، تقوم بوظائف حيوية أخرى في الخلايا الحية . أدينوسين ثلاثي الفوسفات(adenosin triphosphate) (ATP) يتكون من الأدنين ، وسكر الرايبوز ، وثلاث مجموعات من الفوسفات شكل (١-٣٣) ، ومركب ATP مهم جدا ، فهو يمد الخلايا والكائنات الحية بالطاقة اللازمة للقيام بالأعمال الحيوية . ومجموعتا الفوسفات الطرفية ترتبطان مع النيوكليوتيد بروابط خاصة «غنية بالطاقة»(energy -rich) ، ويرمز لها بالرمز (P~) . وتسمى هذه الروابط «غنية بالطاقة» لأنها تحرر كمية كبيرة من الطاقة الحرة عندما تتحلل بالماء (hydrolyzed) .

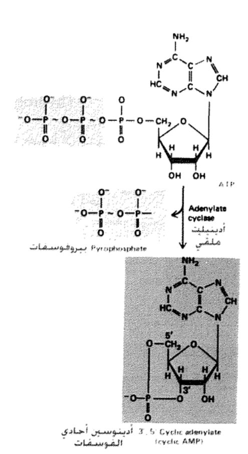
وتستطيع الطاقة المهمة حيويا أن تنتقل إلى جزيئات أخرى . وتخزن معظم الطاقة الكيميائية للخلايا في روابط الفوسفات الغنية بالطاقة ATP ، جاهزة ؛ لتتحرر عندما تنتقل مجموعة فوسفات إلى جزيء آخر .



شكل (١-٣٣) تركيب ATP

ويمكن أن يتحول النيوكليوتيد بوساطة إنزيمات تسمى حلقية (cylace) إلى صور حلقية . مثلا يتحول ATP إلى أدنيوسين أحادي الفوسفات الحلقي

بوســــــاطة إنزيم ، (cyclic AMP) (cyclic adenosine(monophosphate) ادينيليت الحلقي(adenylate cyclase) (شكل ١-٣٤) وعند تحطم الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الثانية والثالثة تنطلق طاقة هائلة تقدر بنحو ١٠٠٠٠ سعر ، ومركب أدينوسين ثنائي الفوسفات الحلقي (cyclic adenosine diphosphate) ، (CADP) ، واذا تحطمت الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الأولى والثانية ينتج مركب أدينوسين أحادي الفوسفات الحلقي (CAMP) .

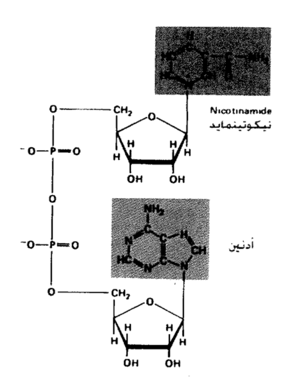


شكل (١-٣٤) تكون أدينوسين أحادي الفوسفات الحلقي من ATP

وعند اتحاد جزيء ADP مع مجموعة فوسفات يتكون جزيء ATP ، وتحتاج هذه العملية نحو ١٠٠٠٠ سعر .

وتلعب النيوكليوتيدات الحلقية دورا مهما في توسط(mediating) تأثيرات الهرمونات ، وفي تنظيم مظاهر نشاط الخلية .

وتحتوي الخلايا عدة نيوكليوتيدات ثنائية ، لها أهمية كبيرة في عمليات الأيض . مــثــلا نيكوتنامــيــد أدنين ثنائي النيــوكليــوتيــد (nicotinamide adenine NAD^+ dinucleotide) مهم جدا كمستقبل للالكترونات والهيدروجين وعاطي لهما في التأكسدات الحيوية والاختزال داخل الخلية شكل (١-٣٥) .

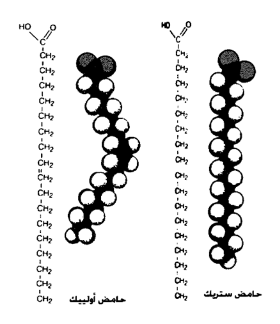


شكل (١-٣٥) تركيب نيكوتناميد أدنين ثنائي النيوكليوتيد (NAD^+)

٧ . الليبيدات Lipids

الليبيدات : مجموعة من المركبات مختلفة الخواص ، لها قوام دهني ، أو زيتي ، وهي نسبيا غير ذائبة في الماء . وتتكون الليبيدات كما في الكربوهيدرات من ذرات كربون ، وهيدروجين ، وأكسجين ، ونسبة الأكسجين إلى الكربون والهيدروجين نسبياً أقل منها في الكربوهيدرات . والأحماض الدهنية (fatty acids) هي الوحدات التي تكون الليبيدات ، وغالبا ما تكون الأحماض الدهنية غير مستقطبة وغير متأينة ،

ولهـذا فـهي غـيـر ذائبـة في الماء . والحـامض الدهني سلسلة طويلة من الكربون والهيدروجين في إحدى نهايتها مجموعة كاربوكسل (COOH) شكل (١-٣٦) ، وتوجد ذرات الكربون بأعداد زوجية في السلاسل التي تتكون بصورة طبيعية ، لأن سلاسل الحامض الدهني تصنع بارتباط وحدات تحتوي كل منهما ذرتي كربون . وتميز الأحماض الدهنية بعدد ذرات الكربون في سلاسلها ، وعدد وموقع الروابط المزدوجة بين ذرات الكربون . والليبيدات وقود حيوي مهم ، وتعمل كمكونات تركيبية لأغشية الخلية ، وبعضها هرمونات . ومن بين الليبيدات المهمة حيويا في الحيوانات هي : الدهون المتعادلة(neutral fats) ، والفوسفوليبيدات(phospholipids) ، والستيرويدات(steroids) .



شكل (١-٣٦) أنموذجان أحدهما تخطيطي والآخر فراغي لحامضين دهنيين يوجدان في الليبيدات . يحتوي كل منهما عموداً فقارياً يتكون من ١٨ ذرة كربون . حامض الستريك مشبع ؛ حامض الأوليك غير مشبع ، به رابطة مزدوجة بين ذرتي الكربون ٩ و ١٠ . والرابطة المزدوجة تسبب التواء سلسلة الكربون

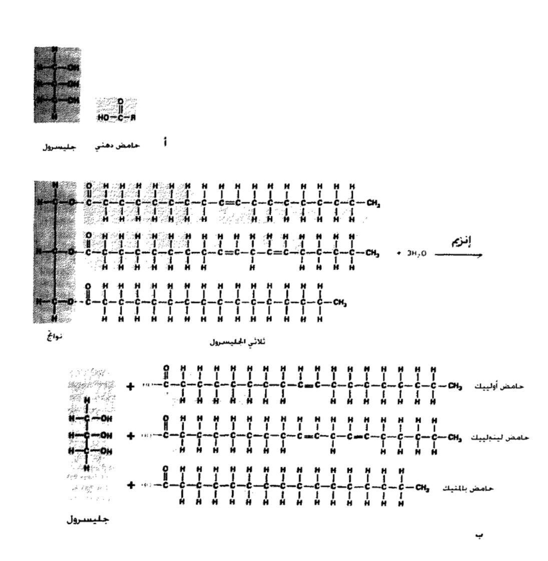
٧-١- الدهون المتعادلة Neutral Fats

أكثر الليبيدات توافرا في الكائنات الحية ، وينتج غرام واحد من هذه المركبات ضعفي الطاقة التي ينتجها غرام واحد من الكربوهيدرات ، وبهذا فهي شكل اقتصادي لتخزين الوقود . ويمكن تحويل الكربوهيدرات بوساطة الإنزيمات إلى دهون تخزن في خلايا النسيج الدهني .

ويتكون الدهن المتعادل من جليسرول يرتبط مع جزيء أو جزيئين ، أو ثلاثة جزيئات من الحامض الدهني . والجليسرول كحول ثلاثي الكربون يحتوي ثلاث مجموعات (OH-) شكل (١-٣٧) ، ويوجد في الليبيدات الحيوانية نحو ٣٠ حامضاً دهنياً ، مثلا يتكون الحامض الزبدي (buteric acid) الموجود في الزبدة الفاسدة من (٤) ذرات كربون ، ويتكون حامض الستيرك (stearic acid) من (١٨) ذرة كربون وتتصل كل ذرة كربون مع الأخرى برابطة تساهمية مفردة على شكل سلسلة مستقيمة شكل (١-٣٦) ، ويعرف هذا الحامض الدهني أنه مشبع (saturated) . لأنه يحتوي أكبر عدد ممكن من ذرات الهيدروجين . ويتكون حامض الأوليك (oleic acid) من (١٨) ذرة كربون (شكل ١-٣٦) ، لكنها تحتوي رابطة مزدوجة بين ذرتي الكربون رقم ٩ ورقم ١٠ ، فقط ذرة هيدروجين واحدة توجد على كل ذرة من ذرتي الكربون رقم ٩ ورقم ١٠ ، ويعرف هذا الحامض الدهني أنه غير مشبع (unsaturated) ، لأنه غير مشبع بالهيدروجين . وتشكل الرابطة المزدوجة عقبة (kink) في سلسلة الكربون والهيدروجين ، وتخفض درجة الانصهار (melt point) ، ويبقى حامض الستيريك صلبا حتى تسخينه إلى ٦٩°س ، ويحتوى حامض الأولييك رابطة مزدوجة واحدة ، وينصهر عند ١٣,٤°س . وإضافة رابطة مزدوجة في جزيء حامض لينولييك (Linoleic acid) تنخفض درجة حرارة الانصهار إلى -٥°س .

وتميل الدهون المشبعة إلى الصلابة عند درجة حرارة الغرفة ، ومن الأمثلة عليها الزبدة ، والدهن الحيواني . والدهون التي تحتوي أحماضاً دهنية غير مشبعة هي زيوت ، ومعظمها سائل عند درجة حرارة الغرفة . ويجب أن تتضمن الوجبات الغذائية حامضين دهنيين على الأقل هما : لينولييك (linoleic) واراكيدونيك (arachidonic) .

وعندما يتحد جزيء جليسرول كيميائياً مع حامض أميني واحد ، يتكون جليسرول أحادي(monoglycerol)ويسمى أيضا (monoglyceride) . وعند اتحاد حامضين دهنيين مع جزيء جليسرول ، يتكون جليسرول ثنائي (diglyceral)أو (diglyceride) ، وعند اتحاد ثلاثة أحماض دهنية مع جزيء جليسرول ، يتكون جليسرول ثلاثي (triglycerol) أو (triglyceride) . وعند الاتحاد مع الجليسرول ، تلتصق نهاية الكاربوكسيل للحامض الدهني بذرة أكسجين من إحدى مجموعات (-OH) مكونة رابطة تساهمية تعرف برابطة إستر (ester bond) . وإجمالي التفاعل الذي ينتج الدهن ، يكون جزيء الماء المزاح من الجليسرول والحامض الدهني . وعلى كل حال فإن H^+ و OH^- المزاحة من المواد المتفاعلة في خطوات منفصلة ، ليس بالضرورة أن تتحد ؛ لتكون ماء في نهاية التفاعل . وفي أثناء عملية الهضم فإن الدهون المتعادلة تتحلل بالماء (hydrolyzed) منتجة أحماضا دهنية وجليسرول .

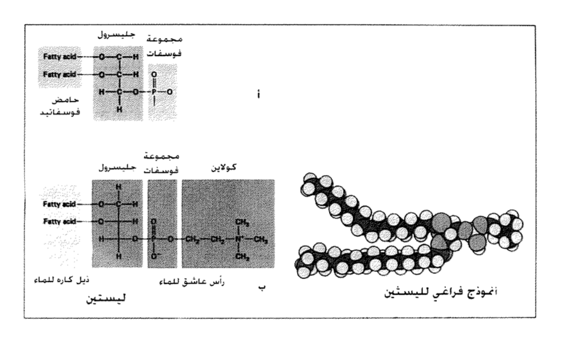


شكل (١-٣٧) دهن متعادل أ- تركيب الجليسرول والحامض الدهني ،ب-التحلل المائي لثلاثي الجليسرول ينتج عنه جليسرول وثلاثة أحماض دهنية

٧-٢- الليبيدات المفسفرة Phospholipids

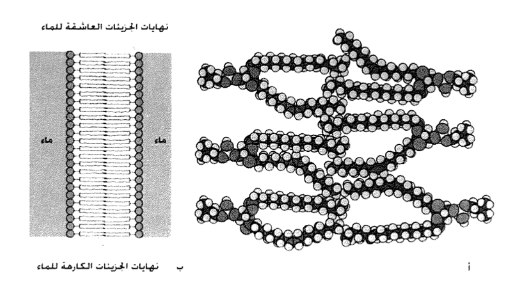
تشكل الليبيدات المفسفرة مجموعة مهمة من الليبيدات تسمى ليبيدات مترددة (amphipathic lipids) ، التي تكون أغشية الخلية . وفي الجزيئات المترددة إحدى النهايات عاشقة للماء ،والأخرى كارهة له . وتتكون الليبيدات المفسفرة من جزيء

جليسرول مرتبط مع حامضين دهنيين ومع مجموعة فوسفات ، ويرتبطان مع قاعدة عضوية مثل الكولين(choline) . وأحياناً تحتوي الليبيدات المفسفرة أيضا نيتروجين في القاعدة العضوية شكل (١-٣٨)(لاحظ أن الفوسفور والنيتروجين لا يوجدان في الدهون المتعادلة) .



شكل (١--٣٨) ليبيدات مفسفرة

وتختلف نهايتا جزيء الليبيد المفسفر فيريائيا وكيميائياً . فالجزء الحامض الدهني من الجزيء (الذيل) كاره للماء ؛ لهذا فهو غير قابل للذوبان فيه ، ويتجه إلى الوسط ، والجزء الذي يتكون من جليسرول وقاعدة نيتروجينية (الرأس) عاشق للماء ،ويتجه خارج غشاء الخلية ؛ لهذا فهو ذائب في الماء (متأين) شكل (١-٣٩) . وهذا التنظيم للأجزاء الذائبة والأجزاء غير الذائبة هي المفتاح ؛ لتكون الغشاء البلازمي ، والأغشية الداخلية المختلفة في الخلية .

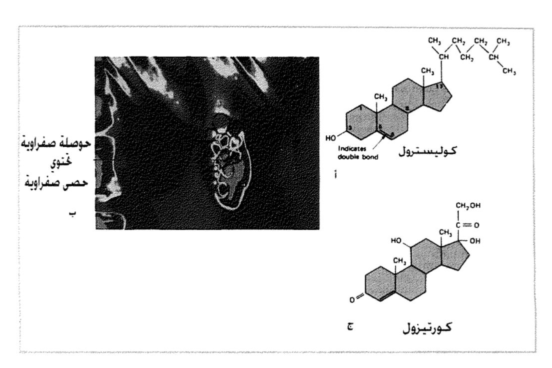


شكل (١-٣٩) أ-أنموذج فراغي لليبيدات معقدة بطبقة مزدوجة . توجد طبقتان من جزيئات ليبيد مفسفر ، وتتلاقى ذيولها الكارهة للماء في الوسط . ب- ليبيد بطبقة مزدوجة كالتي توجد في أغشية الخلية

٨ . الستيرويدات Steroids

رغم أن الستيرويدات تصنف كليبيدات ، إلا أن تراكيبها تختلف تماما عن الليبيدات الأخرى . ويحتوي جزيء الستيرويد ذرات كربون تترتب في أربع حلقات متشابكة ، ثلاث منها تحتوي ست ذرات كربون ، وتحتوي الرابعة خمس ذرات كربون شكل (١-٤٠) إن طول وتركيب السلاسل الجانبية التي تمتد من هذه الحلقات تميز ستيرويد عن الآخر . وتصنع الستيرويدات من وحدات آيزوبرين(isoprene) .

ومن بين الستيرويدات المهمة حيوياً ؛ الكوليسترول (cholesterol) ، وأملاح الصفراء (bile salts) ، والهرمونات الذكرية والأنثوية والكورتيزول وتفرزها الغدتان الكظريتان ، والكوليستيرول مكون تركيبي لأغشية الخلية الحيوانية . وأملاح الصفراء تحول الدهون إلى مستحلب دهني (emulsion) في الأمعاء ليصبح من الممكن تحللها بالماء إنزيميا (enzymatically hydrolyzed) . وتنظم هرمونات الستيرويدات صوراً معينة للأيض في مختلف الحيوانات ، متضمنة الفقاريات ، والحشرات ، والسلطعونات .



شكل (١-٤٠) ستيرويدات

٩. الكربوهيدرات Carbohydrates

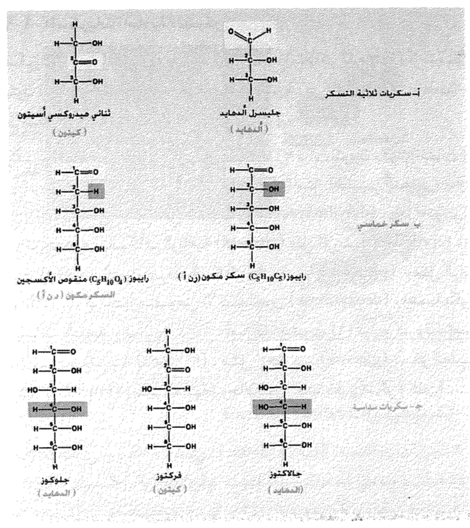
السكريات ، والنشاء النباتي (starch) ، والنشاء الحيواني(glycogen) هي كربوهيدرات . وتعمل السكاكر ونوعا النشاء كوقود للخلايا ، والسليولوز مكون تركيبي في النباتات . وتحتوي الكربوهيدرات ذرات كربون ، وهيدروجين ، وأكسجين بنسبة ١كربون : ٢ هيدروجين : ١ أكسجين $(CH_2O)n$.

ويعني مصطلح كربوهيدرات ماء الكربون (hydrate "water" of carbon) ، وتنشأ من النسبة ٢ هيدروجين : ١ أكسجين ، النسبة نفسها الموجودة في الماء (H_2O) . والكربوهيدرات التي تحتوي جزيء سكر تدعى سكريات أحادية التسكر (monosacharides) ، والتي تحتوي جزيئين سكر تدعى سكريات ثنائية التسكر (disacchrides) ، والتي تحتوي ثلاثة جزيئات سكر تدعى سكريات ثلاثية التسكر (trisaccharides) ، أما تلك التي تحتوي عدة وحدات من السكر تدعى سكريات عديدة التسكر (polysaccharides) .

٩-١- السكريات أحادية التسكر

سكريات بسيطة تحتوي مجموعة الألدهايد (سكاكر ألدهايدية) أو مجموعة الكيتون (سكاكر كيتونية) ، وجميعها قابلة للذوبان في الماء ، كما أن معظمها حلو المذاق شكل (١-٤١) .

وتحتوي السكريات أحادية التسكر من ٣ إلى ٧ ذرات كربون ، فإذا احتوت (٣) ذرات كربون تعرف بالسكاكر الثلاثية (trioses) مثل الجليسر ألدهايد (glycer aldehyde ، وثنائي هيدروكسي أسيتون (dihydroxyacetone) . وإذا احتوت (٤) ذرات كربون تعرف بالسكاكر الرباعية (tetroses) مثل الإريثروز (erythrose) ، وإذا احتوت (٥) ذرات كربون تعرف بالسكاكر الخماسية (pentoses) ، مثل الرايبوز (ribose) ، أو الرايبوز منقوص الأكسجين (deoxyribose) ، وهما يكونان الأحماض النووية ر ن أ و د ن أ ، أما إذا احتوت (٦) ذرات كربون ، تعرف بالسكاكر السداسية (hexoses) ، مثل الجلوكوز (glucose) (سكر العنب) ، والفركتوز (Fructose) (سكر الفاكهة) وجالاكتوز (galactose)سكر (اللبن) .



شكل (١-٤١) صيغ تركيبية لبعض السكريات، أحادية التسكر المهمة (سكريات بسيطة)

والجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ أكثر سكر أحادي متوافر، وهو مهم جدا في عمليات الحياة، فالسكاكر السداسية الأخرى كالفركتوز والجالاكتوز، يتم بناؤها من الجلوكوز، كما تحتوي السكريات الأكثر تعقيدا الجلوكوز. وقد تتحول بعض المركبات الأخرى كالبروتينات والدهون إلى الجلوكوز، وقد يتم بناء هذه المركبات من الجلوكوز. كما أنه في أثناء البناء الضوئي تنتج النباتات والطحالب سكر الجلوكوز، وفي أثناء التنفس الخلوي تحطم الخلايا روابط الجلوكوز محررة الطاقة المخزونة التي يمكن استعمالها في نشاطات الخلية.

٩-٢- السكريات ثنائية التسكر

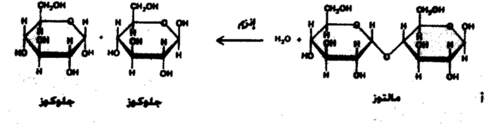
يتكون السكر ثنائي التسكر من سكرين أحاديي التسكر يرتبطان معا تساهميا . ويرتبط السكران الأحاديان برابطة جلايكوسيدية (glycodidic linkage) ، التي تتكون بين كربون رقم (١) لأحد الجزيئات وكربون رقم (٤) للجزيء الآخر ، ويزول جزيء ماء ، ويسمى هذا التفاعل ، تفاعل التكثيف(condensation reaction) أو تفاعل إزالة الماء (dehydration reaction) .

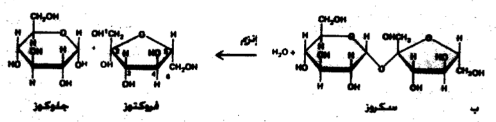
قد يكون السكران أحاديا التسكر المكونين للسكر ثنائي التسكر متشابهين ، أو مختلفين ، مثلا يتحد جزيئان من الجلوكوز ؛ لتكوين المالتوز (maltose) ، (سكر الشعير) ، ويتحد جزيء جلوكوز مع جزيء فركتوز لتكوين السكروز (sucrose) (سكر القصب) ، ويتحد جزيء جلوكوز مع جزيء جالاكتوز لتكوين اللاكتوز (سكر الحليب) شكل (١-٤٢) . وتذوب معظم السكاكر ثنائية التسكر بسهولة في الماء .

إن تفاعل التكثيف تفاعل عكسي ، لأن إضافة جزيء من الماء إلى سكر ثنائي التسكر يؤدي إلى تحطيم السكر لمكوناته الأصلية من السكاكر أحادية التسكر ، ويدعى هذا التفاعل ، تفاعل التحليل المائي (hydrolysis reaction) شكل (١-٤٢) .

مالتوز + ماء ⟵ جلوكوز + جلوكوز .

سكروز + ماء ⟵ جلوكوز + فركتوز .





شكل (١-٤٢) سكريات ثنائية التسكر وتفاعل التحليل المائي

إن تفاعلات التكثيف والتحليل المائي تفاعلات مهمة في الأنظمة الحيوية ، حيث تؤدي تفاعلات التكثيف إلى ارتباط الوحدات الصغيره (المونوميرات) العضوية لبناء الجزيئات الكبيرة ، في حين تعكس تفاعلات التحليل المائي هذه العملية مما ينتج عنها انطلاق الوحدات الصغيرة الأصلية . ومن الجدير بالذكر أن هضم الغذاء يتم بوساطة تفاعلات التحليل المائي .

قد تتحد ثلاثة جزيئات من السكاكر أحادية التسكر معاً ، مع إزالة جزيئين من الماء ، وتعرف بالسكاكر المتكونة بالسكريات ثلاثية التسكر (trisaccharides) ، أو تتحد أربعة جزيئات من السكاكر أحادية التسكر ؛ لتكون سكريات رباعية التسكر . وتعرف السكريات المتكونة من اتحاد جزيئين ، أو ثلاثة ، أو أربعة وحتى عشرة جزيئات من السكريات أحادية التسكر باسم السكريات قليلة التعدد (Oligosacharides) ، وتعد السكريات ثنائية التسكر ذات أهمية أكبر من الناحية العملية مقارنة مع السكريات قليلة التعدد الأخرى .

٩-٣- السكريات عديدة التسكر Polysacharides

سكر عديد التسكر جزيء كبير يتكون من تكرار وحدات سكاكر بسيطة ، عادة جلوكوز . بينما العدد الدقيق لوحدات السكر الموجودة مختلف ، إلا أنه قد توجد آلاف من وحدات السكر في الجزيء الواحد . ويمكن أن يكوّن السكر عديد التسكر سلسلة طويلة مستقيمة أو سلسلة متفرعة . للسكريات عديدة التسكر صفات مختلفة ، ويتم بناؤها تماما كما في تفاعل التكثيف الذي أشرنا إليه في تكوين السكريات قليلة التعدد ، أي بإزالة عدد من جزيئات الماء مقداره (ن-١) ، حيث ن ترمز إلى عدد السكريات أحادية التسكر المكونة لجزيء السكر عديد التسكر . وإذا تحطمت هذه السكريات بتفاعلات التحليل المائي ، فإنها تعطي مكوناتها الأصلية من السكاكر أحادية التسكر ثانية .

وأكثر ثلاثة سكريات عديدة التسكر هي النشاء النباتي (starch) ، والنشاء الحيواني (glycogen) ، والسليولوز (cellulose) .

٩-٣-١- النشاء النباتي

يتكون ويخزن في النباتات ، ويتركب من وحدات جلوكوز ترتبط معاً بذرة أكسجين ، بين ذرة الكربون رقم ١ لأحد الجزيئات وذرة الكربون رقم (٤) للجزيء الآخر (شكل (١-٤٣) ويوجد النشاء في حالتين ، أميلوز (amylose) ، وأميلوبكتين (amylopectin) . والأميلوز هو الشكل الأبسط وهو غير متفرع . والأميلوبكتين هو الشكل المألوف أكثر ، ويتكون عادة من نحو ١٠٠٠ وحدة على شكل سلسلة متفرعة .

1-4 linkage

شكل (١-٤٣) جزيئات جلوكوز بصورة ألفا ترتبط بشكل مستقيم بين كربون رقم (١) وكربون رقم (٤) والرابطة ألفا (١-٤) موضحة باللون الأحمر في تكوين النشاء الحيواني أو النباتي

وتخزن النباتات النشاء على شكل حبيبات في عضيات متخصصة تعرف بالبلاستيدات . وعند حاجة الطاقة لأعمال الخلية ، فإن النبات يستطيع تحليل النشاء ، محررا جزيئات الجلوكوز . الإنسان والحيوانات الأخرى التي تأكل النباتات تحتوي إنزيمات لتحليل النشاء . ومن المتعارف أن كلمة النشاء تعني النشاء النباتي .

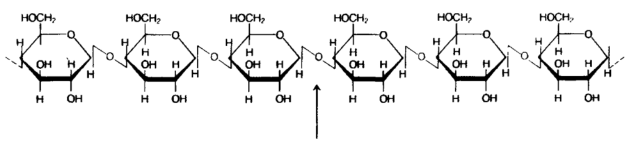
٩-٣-٢- النشاء الحيواني (الجلايكوجين)

يتكون ويخزن في أنسجة الحيوانات ، وهو متفرع كثيراً وأكثر ذائبية في الماء من النشاء النباتي . يخزن النشاء الحيواني بصورة رئيسة في الكبد والخلايا العضلية .

ولا يمكن تخزين الجلوكوز كما هو ، وذلك ؛ لأن جزيئاته صغيرة ، غير مشحونة ، تذوب بسهولة في الماء ، وتستطيع التسرب خارج الخلايا . وجزيئات النشاء النباتي والحيواني الأكبر حجماً ، أقل ذائبية في الماء ، ولا تمر بسهولة خلال غشاء الخلية . ولهذا ؛ بدلا من تخزين سكاكر بسيطة ، تخزن الخلية سكريات عديدة التسكر الأكثر تعقيدا مثل النشاء الحيواني ، الذي يمكن أن يتحلل بالماء بسهولة إلى سكاكر بسيطة .

٩-٣-٣ السليولوز

الكربوهيدرات هي أكثر مجموعة موجودة من المركبات العضوية على الأرض ، والسليولوز هو أكثر الكربوهيدرات توافرا ، ونحو ٥٠٪ أو أكثر من جميع السليولوز يوجد في النباتات ونحو نصف الخشب هو سليولوز ، ونحو ٩٠٪ من القطن سليولوز ، تحاط الخلايا النباتية بجدار خلوي داعم قوي يتكون بصورة رئيسة من السليولوز . السليولوز عديد التسكر ولا يذوب في الماء ، ويتكون من عدة جزيئات جلوكوز ترتبط معا . وتختلف الروابط التي تصل بين السكاكر في السليولوز عن تلك التي تصل بين السكاكر في النشاء . ففي النشاء فإن الوحدات المكونة هي ألفا جلوكوز ، والروابط الجلايكوسيدية هي روابط ألفا ١-٤ (شكل- ٤٣) . أما في السليولوز فإن الوحدات المكونة هي بيتا جلوكوز ، والروابط هي بيتا ١-٤ شكل (١-٤٤) . وهذه الروابط لا تنقسم بوساطة الإنزيمات التي تقسم الروابط في النشاء . ولا يوجد في جسم الإنسان إنزيمات تستطيع هضم السليولوز ؛ وعليه لا يمكن استخدامه كغذاء .



شكل (١-٤٤) جزيئات جلوكوز بصورة بيتا ترتبط بشكل مستقيم بين كربون رقم (١) وكربون رقم (٤) (الرابطة ببيتا (١-٤) موضحة باللون الأحمر) في تكوين السليولوز

٩-٤- كربوهيدرات متحورة ومعقدة

Modified and Complex Carbohydrates

عدة مشتقات من السكريات الأحادية مركبات مهمة حيوياً . السكريان الأمينيان (amino sugers) جلوكوزامين(glucosamine) وجلاكتوزامين (glalactosamine) مركبان تحل فيهما مجموعة ($-NH_2$)محل مجموعة (-OH) . يوجد جلاكتوزامين في الغضروف ، وهو الوحدة الجزيئية التي توجد في الكيتين (chitin) ، المركب الرئيس للهياكل الخارجية في الحشرات ، والربيان ، والمفصليات الأخرى ، ويوجد أيضا في جدران خلايا الفطريات شكل (١-٤٥) .

والسكر الأميني ن- أستل جلوكوزامين (MAG) هو الوحدة المكونة للكيتين ، وترتبط هذه الوحدات بروابط جليكوسيدية . ويمكن أن تتحد الكربوهيدرات مع البروتينات لتكون جلايكوبروتينات (glycoproteins) ، وهي مركبات توجد على السطح الخارجي لخلايا الحيوانات .

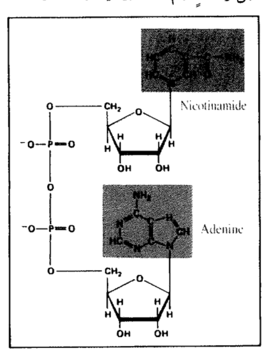
N-acetyl glucosamine

كيتين

شكل (١-٤٥) التركيب الجزيئي للكيتين

١٠. مركبات عضوية أخرى Other Organic Compounds

تحتوي الخلايا أيضاً بعض أنواع من الجزيئات العضوية . وعدة عوامل مساعدة (cofactors) ، ومساعدات الإنزيمات (coenzymes) وهي ضرورية لعمل عدة إنزيمات . ومثال على مساعد الإنزيم هو نيكوتناميد أدنين ثنائي النيوكليوتيد (nicotinamide adenine dinucletide) (NAD^+) ، وتركيبه موضح في الشكل (١-٤٦) ويتكون NAD^+ من نيوكليوتيدين هما نيوكليوتيد ، أدنين ، ونيوكليوتيد نيكوتناميد ، يرتبطان معاً بوساطة مجموعة الفوسفات ، ولكل منهما عمل نيوكليوتيد ثنائي و NAD^+ مستقبل وعاطٍ مهم للهيدروجين والإلكترونات .



شكل (١-٤٦) تركيب نيكوتناميد أدنين ثنائي النيوكليوتيد (NAD^+)

وخلايا الإنسان وثدييات أخرى لا تستطيع تصنيع جزء النيكوتناميد في NAD^+ . لذلك يجب أن يحصلوا عليه من الغذاء ، حيث يصنف كفيتامين . والفيتامينات مركبات عضوية ، يحتاجها الجسم في كميات قليلة جدا للأيض الخلوي ، ولا يمكن للخلايا أن تصنعها ، ويجب الحصول عليها من مصدر خارجي . ويمكن لخلايا أنواع أخرى من الكائنات الحية أن تصنع الفيتامينات ؛ مثلا تصنع

النباتات جميع الفيتامينات التي يحتاجها جسم الإنسان وهي خمسة عشر نوعا مختلفا . وأمثلة إضافية على الفيتامينات هي رايبوفلافين (riboflvin) (فيتامين ب٢)(vitamin B2) ، التي نحتاجه لعمل العامل المساعد للإنزيم فلافين أدنين ثنائي النيوكليوتيد (flavin adenin dinucleotide) ، وحامض البانتوثينك (pantothenic acid) ، الذي نحتاجه لعمل العامل المساعد للإنزيم A (conezyme) . وكل من هذين العاملين المساعدين مهم في نقل الطاقة من السكر إلى ATP .

والوظائف الكيميائية الحيوية لبعض الفيتامينات - مثلا ، فيتامينات A ،D ، E ، K لم تزل غير معروفة جيدا . ومع هذا فإن أهميتها في وظائف الخلية مفهومة بصورة عامة . فيتامين A ضروري لنمو عدة أنواع من خلايا الثدييات . ويؤدي نقصه في الغذاء إلى خلل في العظام ، والأنسجة العصبية ، والجلد ، والكليتين ، والغدد التناسلية ، والغدد المختلفة . كما يؤدي نقصه أيضا إلى العمى الليلي(night blindness) ، وهو فقدان قدرة الخلايا العصوية في الشبكية على امتصاص الضوء . ودور فيتامين A في الرؤية هو الدور الوحيد من عدة أدوار تمت معرفته . وتحور فيتامين A كيميائيا لعمل الريتينال (retinal) ، والريتينال بدوره يكون مركبا معقدا مع بروتين معين لعمل رودوبسين (rhodopsin) ، وهي صبغة توجد في الخلايا العصوية في الشبكية تمتص الضوء .

ويعتقد أن فيتامين (D) يتحول في الكليتين إلى هرمون ، وهذا مهم لامتصاص أيونات الكالسيوم Ca^{+2} من الأمعاء بوساطة خلايا الأمعاء الطلائية ، كما أنه مهم لترسيب أيونات الكالسيوم لتكوين العظام . وفيتامين (k) مهم لتجلط الدم ، لكن الدور الدقيق للجزيء غير مفهوم جيدا . ويؤدي نقص فيتامين (E) إلى عقم جنسي ، ولا يزال دور جزيء فيتامين (E) في الأيض الخلوي غير واضح . وفيتامين (C) حامض الأسكوربك (ascorbic acid) ضروري لإصلاح الأنسجة الضامة ، ويؤدي نقصه إلى مرض الاسقربوط (scurvy) . يحتاج عدد من الثدييات بما فيها الإنسان فيتامين (C) ، لكن خلايا الفئران ومعظم الثدييات يمكنها تصنيع حامض الأسكوربك ، ولهذا فهو ليس فيتاميناً في هذه الأنواع .

١١ . الخلاصة

١ . يحدث داخل الخلية عدة عمليات حيوية .

٢ . تحتوي الخلية ثلاثة مكونات رئيسة هي : ماء ، وأيونات غير عضوية تقوم في عدة وظائف ، وتدخل في تراكيب في الخلية ، وجزيئات عضوية .

٣ . جزيئات الماء مستقطبة ؛ لذلك فإن الماء يتفاعل مع عدة مكونات عضوية ، وغير عضوية ، وهو مذيب جيد للمواد المرتبطة معا بقوى سكونية كهربائية (المواد الأيونية) .

٤ . تتكون الرابطة الهيدروجينية بين ذرة هيدروجين ، وذرة أخرى شحنتها جزئيا سالبة سواء في الجزيء نفسه أم في جزيء آخر .

٥ . الرقم الهيدروجيني (pH) هو تركيز أيونات الهيدروجين في محلول ما .

٦ . pH = لو$_{١٠}$ $\frac{1}{H^+}$

٧ . تعمل المحاليل المنظمة على إبقاء الرقم الهيدروجيني لسوائل الجسم ثابتا .

٨ . المجموعات الرئيسة للمركبات العضوية هي: البروتينات ، والأحماض النووية ، والليبيدات ، والكربوهيدرات .

٩ . الجزيئات العضوية التي وزنها الجزيئي أكثر من عدة آلاف هي جزيئات كبيرة .

١٠ . تشكل سلاسل ذرات الكربون العمود الفقري لمختلف المركبات العضوية الضرورية للحياة .

١١ . تستطيع ذرة الكربون أن تكون روابط مفردة تساهمية مع أربع ذرات أخرى ، وتستطيع أن تكوّن روابط ثنائية ، أو ثلاثية مع ذرات أخرى .

١٢ . يكوّن الكربون روابط مع عدد كبير من الذرات أكثر من أي عنصر ، بحيث تستطيع ذرة الكربون أن تكون سلاسل مستقيمة ، أو متفرعة ، وقد تتصل إلى حلقات .

١٣ . السلاسل الطويلة من مركبات عضوية متشابهة ترتبط معا وتسمى بوليمرات . البروتينات والأحماض النووية مثالان على البوليمرات ، وهما جزيئان كبيران .

١٤ . البروتينات جزيئات كبيرة معقدة تتركب من مكونات أبسط هي أحماض أمينية ، ترتبط بروابط ببتيدية . وهي تتكون من كربون ، وهيدروجين ، وأكسجين ، ونيتروجين ، وكبريت .

١٤-١- البروتينات مكونات تركيبية مهمة للخلايا ، والأنسجة . تعمل معظمها كإنزيمات .

١٤-٢ - تتركب البروتينات من ترتيبات مختلفة لـ ٢٠ حامضاً أمينياً :

١٤-٢-١- تحتوي جميع الأحماض الأمينية مجموعة أمين ، ومجموعة كاربوكسيل لكنها تختلف في مجموعات R .

١٤-٢-٢- توجد الأحماض الأمينية في الجسم بصورة عامة كأيونات ثنائية الاستقطاب ، وتعمل كمنظمات حيوية مهمة .

١٤-٢-٣- السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية تحدد صفاتها .

١٤-٢-٤- الأحماض الأمينية الأساسية هي التي لا تستطيع الحيوانات تصنيعها ، ويجب أن تحصل عليها من الغذاء .

١٤-٢-٥- يتحد حامضان أمينيان ليكونان ثنائي الببتيد . والسلسلة الأطول من الأحماض النووية هي عديدة الببتيد .

١٤- ٣- يمكن تمييز أربعة مستويات في تنظيم جزيئات البروتين .

١٤-٣-١- التركيب الأولي هو تسلسل الأحماض الأمينية في سلسلة الببتيد .

١٤-٣-٢ - التركيب الثانوي هو انثناء سلاسل الببتيد على شكل لولب الفا أو تركيب بيتا أو أشكال أخرى منتظمة .

١٤-٣-٣- التركيب الثلاثي هو الشكل الكلي لسلاسل عديد الببتيد كما يعين بوساطة الصفات الكيميائية للأحماض الأمينية المتخصصة .

١٤-٣-٤ -التركيب الرباعي علاقة مكانية لاتحاد سلسلتين من عديد الببتيد ، أو أكثر .

١٤-٣-٥- يمكن أن تنتج طفرة بسبب تغير تسلسل الأحماض الأمينية في البروتين . وتحلل البروتين ، وتغير نشاط التركيب الثلاثي يمكن أن يؤدي أيضاً إلى وقف النشاط الحيوي .

١٥ . تتكون الأحماض النووية من سلاسل طويلة من وحدات نيوكليوتيدات ، ويتكون كل نيوكليوتيد من قاعدة نيتروجينية ، بيورين أو بيريميدين ، وسكر خماسي الكربون (رايبوز أو رايبوز منقوص الأكسجين ، ومجموعة فوسفات) .

١٥-٢- ATP هو نيوكليوتيد ذو أهمية خاصة في أيض الطاقة . د ن أ مستقبل للالكترون والهيدروجين في الأكسدة الحيوية .

١٦ . تتكون الليبيدات من كربون ، وهيدروجين ، وأكسجين ، ولكن فيها نسبة الكربون إلى الهيدروجين والأكسجين أقل من تلك النسب في الكربوهيدات ، والليبيدات مظهر دهني ، أو زيتي وهي نسبيا لا تذوب في الماء .

١٦-١- يخزن الجسم الوقود على شكل دهن متعادل . ويتكون الدهن من جزيء جليسرول متحد مع (١-٣) أحماض دهنية .

١٦-١-١- ثلاث مجموعات من الدهون المتعادلة هي : أحادي الجليسريدات وثنائية الجليسريدات وثلاثية الجليسريدات .

١٦-١-٢ -الأحماض الدهنية ، وكذلك الدهنيات يمكن أن تكون مشبعة ، أو غير مشبعة .

١٦-٢- الليبيدات المفسفرة مكونات تركيبية لأغشية الخلية . وصفة جزيء الليبيد المفسفر المترددة ضرورية للشكل الذي يتخذه في الماء .

١٦-٣ - تحتوي جزيئات الستيرويدات ذرات كربون تترتب في أربع حلقات متشابكة . كوليسترول ، وأملاح الصفراء ، وفيتامين D ، وهرمونات الستيرويدات .

١٧ . تحتوي الكربوهيدرات كربون ، وهيدروجين ، وأكسجين بنسبة تقريبية ١كربون : ٢ هيدروجين : ١ اكسجين . السكاكر ، والنشويات ، والسليلوز هي نماذج على الكربوهيدرات .

١٧-١- السكاكر الأحادية سكاكر بسيطة مثل جلوكوز ، وفركتوز ، ورايبوز .

١٧-١-١- يعتبر سكر الجلوكوز جزيئا مهما في عملية الوقود في الخلايا الحية .

١٧-٢- رابطة سكرين أحاديين ، تكون سكرا ثنائيا وهذه الرابطة تسمى جلايكوسيدية .

ومثال على ذلك :

١٧-٢-١- جزيئان جلوكوز يكونان ملتوزا .

١٧-٢-٢- جلوكوز وفكتوز يكونان سكروزا .

١٧-٢-٣- جلوكوز وجالاكتوز يكونان لاكتوزا .

١٧-٣- معظم الكربوهيدرات هي عديدة التسكر ، سلاسل طويلة من وحدات متكررة من سكر بسيط .

١٧-٣-١- تخزن الكربوهيدرات في النباتات على شكل نشاء نباتي ، وفي الحيوانات على شكل نشاء حيواني .

١٧-٣-٢- تتكون جدران الخلية النباتية بصورة رئيسة من السليولوز عديد التسكر .

١٧-٤- مشتقات السكاكر مركبات مهمة حيويا تشمل جلاكتوسامين ، وجلوكوسامين ، وجليكوبروتينات ، وجلايكوليبيدات .

١٢. أسئلة للتقويم الذاتي

١ . صف خاصية الماء التي تجعله مذيباً للأيونات ، والجزيئات في الخلية .

٢ . لماذا سمي كل من تفاعل الانشطار المائي ، وتفاعل إزالة الماء – التكثيف بهذا الاسم؟

٣ . صف رابطة الهيدروجين .

٤ . ماذا يقصد بالاتزان عند تفكك جزيئات الماء ، وإعادة اتحادها؟

٥ . اذكر الوظائف الحيوية لأيونات العناصر غير العضوية الآتية : يود ، زنك حديد ، فوسفور ، كالسيوم .

٦ . ما المجموعات الثلاث الرئيسة للجزيئات العضوية التي تعتبر أكثر الجزيئات تعقيدا في الخلية؟

٧ . ما المجموعات الثلاث الرئيسة للجزيئات العضوية التي تصنف كجزيئات كبيرة؟

٨ . توجد عدة آلاف من البروتينات المختلفة ، كيف يختلف كل بروتين عن الآخر؟

٩ . أي الحامضين الأمينيين أكثر ذائبية في الماء ، تريبتوفين أم لايسين؟ ولماذا؟

١٠ . ما التركيبان الرئيسان للتركيب الثانوي للبروتين؟ ما نوع الروابط التي تعمل على تثبيتهما؟

١١ . كيف تؤثر المجموعات الجانبية للأحماض الأمينية في التركيب الثلاثي للبروتينات؟

١٢ . يمكن إحداث الفوضى في التراكيب الثلاثية لعدد من البروتينات التي تذوب في الماء عند تسخينها عند درجة حرارة أعلى من ٨٠ْس ، لكن التراكيب الأولية لا تتأثر ، لماذا؟

١٣ . ما الاختلافان الكيميائيان الأوليان بين ر ن أ و د ن أ ؟

١٤ . ما الأجزاء الثلاثة للنيوكليوتيد أو النيوكليوسيد أحادي الفوسفات؟

١٥ . كيف ترتبط جزيئات الجلوكوز معاً ؛ لتكون النشاء النباتي ، والنشاء الحيواني ، والسليولوز؟

١٦ . ما الفرق بين الحامض الدهني المشبع ، والحامض الدهني غير المشبع؟

١٣٠ أسئلة للمراجعة

١ . اختر أكثر مصطلح مناسب من العمود (ب) لكل تدوين في العمود (أ) :

العمود أ	العمود ب
٠١ أحادي التسكر	سيليولوز
٠٢ ستيرويد	د ن أ
٠٣ حامض نووي	جلوكوز
٠٤ حامض أولييك	كوليسترول
٠٥ مكون مهم لأغشية الخلية	فركتوز
٠٦ وحدات بناء البروتين	دهن متعادل
٠٧ يزود الخلية بالطاقة	كالسيوم
٠٨ يدخل في تركيب الهيموجلوبين	حديد
	أحماض أمينية
	ليبيدات
	ATP
	NAD^+

٠٢ لماذا تم اختيار الكربون من بين العناصر ليكون العنصر الرئيس للمركبات العضوية؟

٠٣ فرق بين أحادي التسكر مثل الجلوكوز وعديد التسكر مثل النشاء .

٠٤ وضح الأهمية الحيوية لكل من :

أ) سيترويدات　　　ب) ليبيدات مفسفرة

جـ) عديدات التسكر　　　د) أحماض نووية

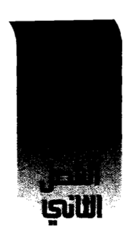
هـ) أحماض أمينية .

٥ . ارسم التركيب الجزيئي لحامض أميني بسيط ، وعين مجموعة الكاربوكسيل ، ومجموعة الأمين ، ومجموعة R .

٦ . قارن بين البروتينات والأحماض النووية .

٧ . ما سبب أهمية الدهون المتعادلة؟ وما مكونات جزيء دهن متعادل؟

٨ . ناقش الطرق التي يمكن بوساطتها تعطيل نشاط البروتين .



الخليـة الحيـوانيـة

The Animal Cell

المحتويات

٧-٣-٢ -جهاز جولجي

٧-٣-٣- الأجسام المحللة

٧-٣-٤- الأجسام الدقيقة

٧-٤- عضيات إنتاج الطاقة

٧-٤-١- الأجسام الفتيليلة (المايتوكورنديا)

٧-٥- الهيكل السيتوبلازمي

٧-٥-١- الأنيبيات الدقيقة

٧-٥-٢- الخيوط الدقيقة

٧-٥-٣- الخيوط المتوسطة

٠٨ محتويات خلوية أخرى

٨-١- أجسام نسل

٨-٢- صبغة الميلانين

٨-٣ - الدهنيات

٨-٤- النشاء الحيواني(الجلايكوجين)

٨-٥- مادة مخاطية

٠٩ الخلاصة

٠١٠ أسئلة للتقويم الذاتي

٠١١ أسئلة للمراجعة

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن :

١٠ تناقش النظرية الخلوية .

٢٠ تناقش الصفات العامة للخلايا بدائية النوى والخلايا حقيقية النوى .

٣٠ تناقش لماذا العلاقة بين مساحة سطح وحجم الخلية مهم في تحديد حجم الخلية .

٤٠ تصف تركيب العضيات الرئيسة في الخلايا الحيوانية . وتحدد وظائف كل منها وتكتب الأسماء على خلية مرسومة .

٥٠ تميز بين الشبكة الاندوبلازمية الملساء والخشنة ، وتناقش العلاقة بين الشبكة الاندوبلازمية والأغشية الداخلية في الخلية .

٦٠ تصف أعمال الأجسام المحللة ، وتفسر ماذا يحدث عندما ترشح .

٧٠ تصف تراكيب الأنواع الرئيسة للخيوط التي تكون الهيكل السيتوبلازمي ، وتفسر أهمية الهيكل السيتوبلازمي للخلية .

٨٠ تشرح تركيب الأهداب ، والأسواط ، موضحاً عملها في حركة الخلية .

تتكون جميع الكائنات الحية من خلايا . بعضها يتكون من خلية واحدة ، وبعضها الآخر يتكون من عدة ملايين من الخلايا ، وحديثنا هنا عن جسم الإنسان فهو يتكون من مائة تريليون (10^{14}) خلية . فهو يبدأ كخلية مفردة ، خلية مخصبة (fertilized egg) ، وتنقسم هذه الخلية المفردة ؛ لتكون خليتين ، وتنقسم كل خلية جديدة مرة ثانية ، وثالثة . . ؛ لتكون أخيرا للكائن الحي النامي أنسجة معقدة ، وأعضاء ، وأجهزة . فالخلايا هي وحدات البناء في الكائنات الحية .

والخلية : هي أصغر وحدة في الكائن الحي تستطيع القيام بجميع النشاطات اللازمة للحياة . وتملك الخلية جميع المكونات الفيزيائية ، والكيميائية التي تحتاجها ؛ لاستمراريتها ، ونموها ، وانقسامها . ولا يوجد جزء من الخلية قادر على العيش وحدة خارج الخلية . وتمثل صفات الخلية ، أو الخلايا ، مظهر الكائن الحي وسلوكه وأنشطته . وعليه فإن دراسة الخلية مهم ؛ لفهم الحياة في جميع أشكالها .

٠١ نظرية الخلية The Cell Theory

والرأي القائل بأن الخلايا وحدات رئيسة في الحياة هو جزء من النظرية الخلوية . وقد أشار إلى ذلك عالمان ألمانيان هما عالم النبات (botanist) ماثياس جاكوب شلايدن (Mathias Jakob Schleiden) عام ١٨٣٨ ، وعالم الحيوان (zoologist) ثيودر شوان (Theodor Schwann) عام ١٨٣٩ ، وهما أول من أشارا إلى أن النباتات والحيوانات تتكون من مجموعة خلايا ، وأضاف أن الخلايا هي الوحدات الأساسية في الكائنات الحية .

واتسعت النظرية الخلوية عام ١٨٥٥ ، إذ أقر ردولف فيرشو (Rudolph Virchow) أن الخلايا الجديدة تتكون فقط نتيجة انقسام خلايا سابقة . وفي عام ١٨٨٠ ، أشار عالم مشهور ، أوجست وايزمن (August Weisman) ، إلى نتيجة فيرشو ؛ بأن جميع الخلايا التي تعيش اليوم تستطيع أن ترجع سلسلة نسبها إلى أزمان سالفة .

وتتضمن النظرية الخلوية فكرتين :

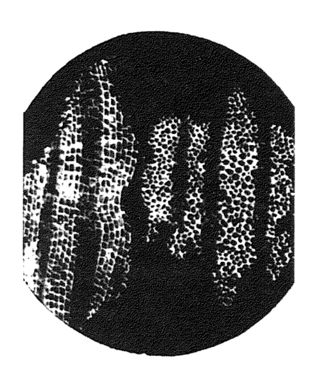
١. تتركب جميع الكائنات الحية من خلايا ، ونواتج خلايا .

٢. تتكون خلايا جديدة فقط بوساطة انقسام خلايا سابقة .

ويمكن إثبات أن الخلايا تنحدر من خلايا سابقة من التشابهات الأساسية في جزيئات البروتين المعقدة في الخلايا . حيث توجد مجموعة بروتين معينة تسمى سيتوكرومات (cytochromes) في كائنات حية تتراوح من البكتيريا إلى النباتات والحيوانات . ولا تتشابه السيتوكرومات فقط في التركيب ، لكنها تقوم بوظائف متماثلة في خلايا الأنواع المختلفة . والحقيقة أن جميع الخلايا لها جزيئات متشابهة بهذا التعقيد ، وبهذا فإنها تؤكد بقوة أن الخلايا الحديثة نشأت من مجموعة صغيرة من أسلافها من الخلايا .

٢. كيف تُدرس الخلايا How Cells Are Studied

من أهم الوسائل لدراسة الخلية هو المجهر . وترجع بيولوجيا الخلية إلى ما قبل ثلاثة قرون ، حيث اكتشفت بوساطة المجاهر الأولية . ففي عام ١٦٦٥ كتب روبرت هوك (Robert Hook) العالم الانجليزي أول تقرير عن التركيب المجهري . وفحص قطاعات رقيقة من الفلين باستخدام أحد المجاهر الأولية ، فرأى الفلين مكونا من وحدات صغيرة مفصولة بجدران ، وأطلق على هذه الوحدات اسم غرف صغيرة(cellula) شكل (٢-١) . في الحقيقة لم ير روبرت هوك خلايا فلين حية ، إنما تجاويف خالية . وأصبحت الغرف الصغيرة تعرف بالخلايا (cells) ، ولا يزال هذا المصطلح مستخدما ؛ ليصف هذه الوحدات الأساسية للحياة .

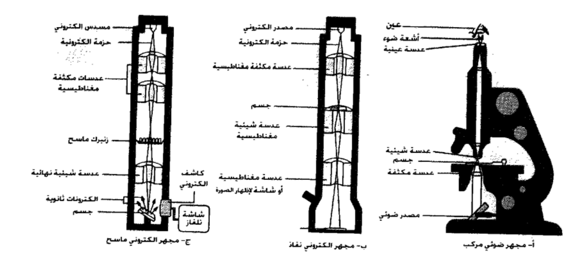


شكل (٢-١) التركيب المجهري لطبقة رقيقة من الفلين كما رسمها روبرت هوك

وفي الفترة نفسها تقريبا ، كان أنتون فان ليفنهوك (Anton Van Leewenhock) يصنع بعض المجاهر البسيطة التي تكبر نحو ٢٠٠ مرة ، واكتشف خلال بحثه عدة كائنات حية لم تكن معروفة سابقا . وكان أول من رأى الحيوان المنوي للرجل وخلايا الدم ، وشاهد عدة أنواع من الخلايا ، دون أن يطلق عليها اسم خلايا . وكان غير مدرك لأهمية اكتشافاته في ذلك الوقت . ومع تطور مجاهر أفضل ، واكتشاف تقنيات لحفظ الخلايا وصبغها ، تمكن علماء الأحياء من اكتشاف أن الخلايا تحتوي تراكيب داخلية تسمى عضيات (organells) مع بداية القرن العشرين .

ونشأ علم جديد متخصص بدراسة الخلايا هو علم الخلية (cytology) الذي بدأ قبل قرن تقريبا وقدم عملاً هائلاً ، فهو يربط عدة فروع للعلوم ، البحث بوساطة المجهر

(microscoby) ، وعلم الوراثة (genetics) ، والكيمياء الحيوية (biochemistry) ، والفيزياء الحيوية (biophysics) ، وعلم وظائف الأعضاء(physiology) . وتجمعت المعلومات الجديدة بسرعة ، كما تم فهم أشياء عديدة عن الخلايا ، كيف تعمل ، وكيف يتم بناؤها ، وكيف تعمل معا في كائن حي عديد الخلايا ، وقد ساعد كل هذا تطور المجهر الضوئي الذي يكبر الأشياء ١٠٠٠ مرة أو أكثر ، والمجهر الالكتروني الذي يكبر الأشياء ٣٠٠٠٠٠ مرة شكل(٢-٢) .



شكل (٢-٢) أنواع المجاهر

وقوة التكبير ليست العامل الوحيد المهم لدراسة الخلية ، بل يجب أن يكون للمجهر قوة تفريق (resolution) عالية ، وهي الدرجة التي يمكن بها التمييز بين نقطتين متلاصقتين . فالمجاهر الإلكترونية الجيدة لها قوة تفريق تصل إلى نحو (٠,١) نانوميتر والمجاهر الضوئية نحو (١) نانوميتر .

٠٣ الصفات الأساسية لجميع الخلايا

عندما نتكلم عن الخلية ، يجب أن نلاحظ وجود ملايين من أنواع مختلفة من الخلايا ، التي تظهر تنوعا واسعا في التركيب والقدرات الأيضية . ومع هذا فإن التشابه بين هذه الخلايا أكثر من الاختلافات بينها . والصفات الأساسية بصورة عامة هي كما يأتي :

٠١ تخزن جميع الخلايا المعلومات في الجينات المتكونة من د ن أ .

٠٢ الشيفرة الوراثية المستخدمة في جينات جميع الخلايا ، مع الاستثناءات البسيطة ، هي الشيفرة نفسها .

٠٣ جميع أنواع الخلايا تترجم الشيفرة الوراثية في د ن أ خلاياها بوساطة رن أ الذي يترجم المعلومات الوراثية إلى بروتينات .

٠٤ تصنع جميع الخلايا البروتينات مستخدمة الرايبوسومات .

٠٥ تسيطر البروتينات على العمل ، والتركيب في جميع الخلايا .

٠٦ تحتاج جميع الخلايا الطاقة ؛ لتحافظ على بيئاتها الداخلية ، وتسيّر تصنيع مكوناتها المعقدة . وتستخدم جميع الخلايا جزيء ATP كمصدر للطاقة .

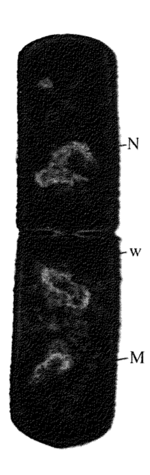
٠٧ تحاط جميع الخلايا بغشاء بلازمي يتكون من بروتينات ، وطبقة مزدوجة من جزيئات الدهون (Phospholipid bilayer) .

٠٤ تصنيف الخلايا Classification of Cells

تصنف الخلايا على أساس صفات رئيسة إلى مجموعتين ، خلايا بدائية النوى (prokaryotes) ، وخلايا حقيقية النوى (eukaryotes) . وكلمة (karyot) تعني نواة (nucleus) ، ولهذا تطلق كلمة (prokaryote)(قبل النواة) على الخلايا التي ليس لها وحدة تركيبية محددة تحتوي المادة الوراثية (نواة) .و(Eu) تعني حقيقية ، لهذا ؛ تطلق كلمة (eukaryotes) (نواة حقيقية) على الخلايا التي لها أنوية محددة تحتوي كروموسومات مفصولة عن بقية محتويات الخلية (السيتوبلازم) بوساطة غلاف النواة .

٤-١ الخلايا بدائية النوى Prokaryotes

الخلايا بدائية النوى لها غشاء بلازمي ، يحصر محتويات الخلية كمكونات داخلية ، ولا يوجد لأنوية خلاياها أغلفة نووية ، إنما توجد منطقة نووية (nucleiod) شكل (٢-٢) تحتوي كروموسوماً واحدا يتكون من جديلة دائرية مزدوجة من د ن أ ، ويحمل هذا الكروموسوم جينات تنظم عملية بناء البروتين ، التي تتم بوساطة الرايبوسومات .



شكل (٢-٣) تركيب خلية بدائية النواة ، عند نهاية انقسام الخلية . صورة مجهر الكتروني لبكتيريا . هذه الخلية لها جدار خلوي واضح (W) . يحيط بالغشاء البلازمي (M) . ومناطق النواة (N) ترى بوضوح

وبالأصل تم تمييز الخلايا بدائية النوى من الخلايا حقيقية النوى على أساس صفة واحدة ، هي عدم وجود غلاف نووي ، لكن اكتشفت فيما بعد اختلافات مميزة بينهما ، والاختلافات الرئيسة موضحة في الجدول (٢-١) .

وتشمل الخلايا بدائية النوى البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة . وجميعها وحيدة الخلية ، وبسيطة التركيب .

٤-٢- الخلايا حقيقية النوى Eukaryotes

تشمل عدة كائنات حية وحيدة الخلية (unicellular)مثل : الأوليات (prototzoa) ، والفطريات (fungi) وبعض أنواع الطحالب (algae) ، وجميع النباتات والحيوانات عديدة الخلايا . وتشترك جميع الخلايا حقيقية النوى في صفات رئيسة معينة .

وتستخدم عدة أنواع من الخلايا حقيقية النوى في البحوث ؛ لأن الخلايا المختلفة لها صفات خاصة تجعلها مناسبة للتجارب حسب مظاهر معينة لوظيفة الخلية وتركيبها . الأميبا ، على سبيل المثال ، مناسبة جدا للتجارب التي تحتاج زرع نواة من خلية لأخرى . وخلايا الخميرة مناسبة لدراسة الأسس الوراثية في عمليات الخلية الجراحية (cell operations) . وخلايا الإنسان في الوسط الاستزراعي مناسبة لدراسة نمو الخلية وانقسامها . والخلايا النباتية مهمة لتحليل البناء الضوئي (photosynthesis) . والتجارب باستخدام هذه الخلايا وأنواع خلايا أخرى ستقود في الحقيقة إلى فهم معمق عن الخلية .

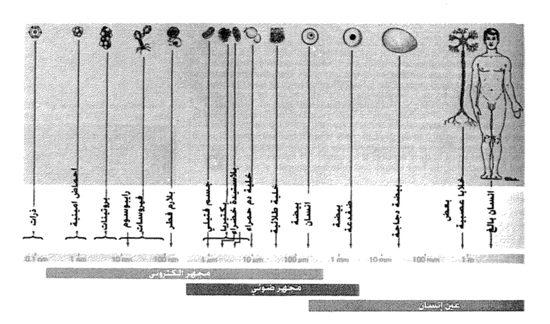
جدول ٢-١

الاختلافات الرئيسة بين الخلايا بدائية النوى والخلايا حقيقية النوى

الخلايا بدائية النوى	الخلايا حقيقية النوى
٠١ لا يوجد غلاف نووي .	يوجد غلاف نووي .
٠٢ لا توجد نوية .	توجد نوية أو أكثر .
٠٣ لا توجد بروتينات هستون مرتبطة مع د ن أ .	توجد بروتينات هستون مرتبطة مع د ن أ
٠٤ يتراوح محتوى د ن أ بين ٧٥٠٠٠٠-٥ ×١٠ ^{٦} زوج من القواعد النيتروجينية .	يتراوح محتوى د ن أ بين ١,٥×١٠ ^{٧} ــ ١,٥ × ١٠ ^{١١} زوج من القواعد النيتروجينية .
٠٥ كروموسوم واحد .	كروموسومان أو أكثر .
٠٦ حجم الخلية صغير ؛ عادة لا يزيد على عدة ميكرونات مكعبة في الحجم .	حجم الخلية كبير ؛ ويتراوح عادة بين عدة ميكرونات مكعبة إلى عدة م مكعبة في الحجم .
٠٧ تفتقر إلى العضيات الغشائية الداخلية ما عدا أغشية للبناء الضوئي في بعض أنواع من البكتيريا .	تحتوي أجهزة غشائية واسعة ، وعضيات غشائية مثل الجسم الفتيلي ، وجهاز جولجي ، وشبكة إندوبلازمية .
٠٨ تفتقر إلى الأنيبيبات الدقيقة ، والخيوط الدقيقة ، والخيوط المتوسطة .	تحتوي أنيبيبات دقيقة ، وخيوط دقيقة ، وخيوط متوسطة .

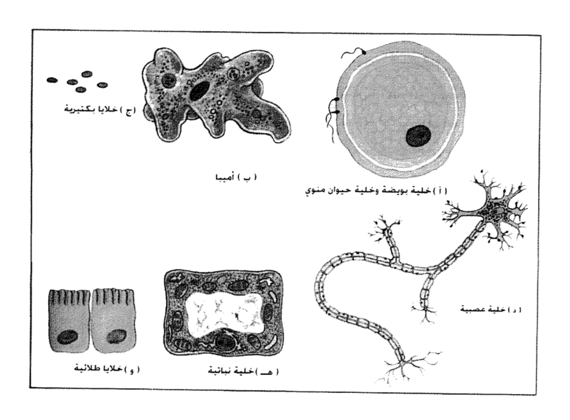
٥٠ حجوم الخلايا وأشكالها

معظم الخلايا مجهرية الحجم ، لكن هذه الحجوم تختلف بمدى واسع شكل (٢-٤) ويمكن رؤية بعض الخلايا باستعمال مجهر ضوئي ، وبعض خلايا حيوانية متخصصة كبيرة لدرجة أنه يمكن رؤيتها بالعين المجردة . وأكبر الخلايا هي بيض الطيور ، ومعظم مادة البيضة الداخلية هي طعام موجود على شكل صفار ، ولا يعتبر جزءا من التركيب الوظيفي للخلية نفسها .



شكل (٢-٤)حجوم نسبية لخلايا معروفة جيدا ، وعضياتها على تدريج لوجارتمي

ويرتبط حجم الخلايا ، وشكلها بالأعمال التي تقوم بها شكل(٢-٥) . فبعض الخلايا ، مثل خلايا الدم البيضاء ، تستطيع تغيير شكلها حسب الحركة . فالخلايا المنوية لها ذيل طويل يشبه السوط للحركة ، والخلايا العصبية لها امتدادات طويلة رفيعة تسمح لها بنقل الرسائل لمسافات طويلة داخل الجسم . قد تصل الامتدادات في بعض الخلايا العصبية في جسم الإنسان إلى متر ، وثمة خلايا أخرى ، مثل الخلايا الطلائية ، يمكن أن يكون شكلها مستطيلا مركومة على شكل طوب ؛ لتكون تراكيب مثل اللوح .

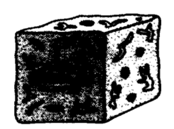


شكل (٢-٥) يرتبط حجم الخلايا وشكلها بوظائف الخلايا

لماذا معظم الخلايا صغيرة؟

إذا درست ماذا يجب على الخلية أن تعمل لتنمو وتعيش ، يمكن أن يسهل عليك فهم أسباب صغر حجمها . على الخلايا أن تأخذ الطعام ومواد أخرى خلال الغشاء البلازمي . وحال دخولها إلى الخلية ، يجب أن تتحرك هذه المواد إلى المواقع الصحيحة في الخلية ، حيث تتحول إلى أشكال أخرى . وحين اكتمال الجزيئات الصحيحة ، يجب أن تنقل ثانية إلى مواقع مناسبة في الخلية للاستعمال . إضافة اإلى أن النواتج الجانبية من مختلف التفاعلات الأيضية يجب أن تنقل خارج الخلية قبل أن تتراكم على شكل تراكيز سامة . وفي الكائنات الحية عديدة الخلايا ، على الخلية أن تصدر مواد تستخدمها خلايا أخرى ، ولأن الخلايا صغيرة ، فالمسافة التي تقطعها الجزيئات خلال الخلايا نسبيا قصيرة ، وهذا يسرع عدة أعمال خلوية . كما أن المواد الضرورية

ونواتج الفضلات يجب أن تمر خلال الغشاء البلازمي ، وكلما زادت مساحة سطح الخلية ، كلما كان مرور كميات الجزيئات أسرع . وهذا يعني أن العامل الحرج لتحديد حجم الخلية هو نسبة مساحة سطحها إلى حجمها . إذا فكرت بخلية شكلها مكعب ، ترى أنه مع زيادة طول الضلع ، فإن زيادة مساحة سطح المكعب تتناسب مع مربع الجانب ، لكن الزيادة في الحجم تتناسب مع مكعب ذلك العدد . شكل (٢-٦) . والحقيقة أن الحجم يزداد بسرعة أكبر من مساحة سطح الخلية ، عندما يصل حجم الخلية إلى الحد الأقصى . وإذا زاد حجم الخلية عن هذا الحد ، فلا تستطيع أن تصل أعداد الجزيئات التي تحتاجها الخلية بسرعة كافية .



أ - خليه حجمها ٢ سم٣



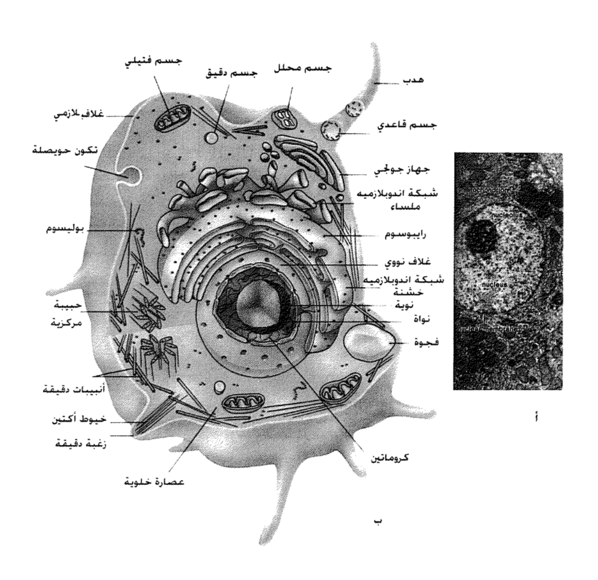
ب - ثماني خلايا حجم الواحدة ١ سم٣

شكل (٢-٦) ثماني خلايا صغيرة لها مساحة سطح (غشاء خلوي) بالنسبة لحجومها الكلية أكبر بكثير مما لو كانت خلية واحدة كبيرة

٠٧ داخل خلية حقيقية النواة

اعتقد علماء الأحياء الأوائل أن الخلية تتكون من مادة جيلاتينية متجانسة أطلقوا عليها اسم بروتوبلازم (protoplasm) . لكن بوجود الجهر الالكتروني ، والوسائل الحديثة الأخرى التي استخدمت في البحوث ، اتسع إدراك علماء الأحياء . ونحن نعرف الآن أن الخلية منظمة بصورة عالية ، ومعقدة بشكل مذهل شكل (٢-٧) . فلها مركز ضبط رئيس ، وجهاز نقل داخلي ، ومصانع لتصنيع المواد التي تحتاجها ، وحتى جهاز إتلاف ذاتي (autolysis) ، واليوم ، إذا استخدمت كلمة بروتوبلازم ، تستخدم بطريقة عامة . وخاصة الجزء من البوتوبلازم خارج النواة يسمى سيتوبلازم (cytoplasm) ، ويشغل المساحة بين الغشاء البلازمي ، والنواة . ويتركب من ماء بنسبة ٧٥-٩٠٪ إضافة إلى الدهون ، والبروتينات ، والسكريات ، والكربوهيدرات ، والأملاح غير العضوية ، والفيتامينات ، والأحماض . ويظهر السيتوبلازم كسائل لزج شبه شفاف . وتتم فيه العمليات الحيوية ، من عمليات بناء (anabolism) ، وعمليات هدم(catabolism) ، إضافة إلى التفاعلات الكيميائية الأخرى .

والمواد المماثلة للسيتوبلازم داخل النواة تسمى بلازما النواة (nucleoplasm) . ويحيط بالخلية غشاء يسمى غشاء بلازمي (plasma membrane) وتحتوي الخلية أقساما محاطة بأغشية تكون عضيات مختلفة تسمى عضيات غشائية ، (membranous organells) ، إضافة إلى عضيات أخرى غير محاطة بأغشية تسمى عضيات لا غشائية(nonmembranous organells) . وتقسيم الخلية إلى أقسام مختلفة له عدة فوائد .



شكل (٢-٧)

تركيب خلية حيوانية (أ) صورة مجهر الكتروني لخلية بنكرياس إنسان ، وظيفتها المتخصصة إفراز كمية كبيرة من البروتين (ب) رسم تخطيطي واعتمد في الرسم على صورة المجهر الكتروني موضحة التراكيب الظاهرة

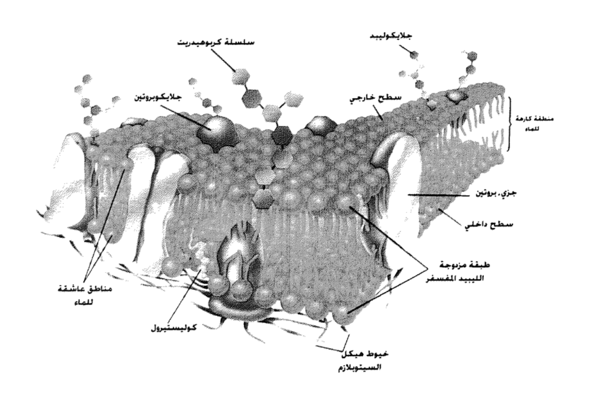
عندما تتكاثف جزيئات تشترك في تفاعل كيميائي معين فقط في جزء صغير من حجم الخلية الكلية ، تستطيع المواد المتفاعلة أن تجد بعضها بسهولة أكثر ، ويزداد معدل التفاعل تدريجيا . والغشاء الذي يحيط الأقسام أيضا يحفظ مركبات متفاعلة معينة بعيدا عن أجزاء أخرى من الخلية ، التي يمكن أن تتأثر بها بصورة غير ملائمة . وتسمح الأغشية أيضا بخزن الطاقة عند وجود فرق في تركيز مادة صنعت على أية جهة من الغشاء البلازمي ، وتستطيع الطاقة أن تتحول إلى أشكال أخرى عندما تتحرك الجزيئات خلال الغشاء البلازمي من الجهة الأعلى تركيزاً إلى الجهة الأقل تركيزاً . وعملية تحويل الطاقة (energy transduction) هي الآلية الأساسية التي تستخدمها الخلايا لتلتقط الطاقة وتحولها ؛ لإبقاء الحياة على الأرض . وتعمل الأغشية في الخلايا أعمالاً مهمة على سطحها . مثلا ، إن عدداً من التفاعلات الكيميائية تقوم بها إنزيمات محاطة بأغشية ؛ لتنظيم الإنزيمات التي تقوم بخطوات متتالية لسلسلة من التفاعلات مجتمعة معاً على سطح الغشاء ، ويمكن أن تتكون جزيئات حيوية معينة تحتاجها الخلية بسرعة أكبر .

٧-١- الغشاء البلازمي Plasma Membrane

رغم أن المجهر أظهر اختلافات واضحة بين مختلف أنواع الخلايا ؛ إلا أن دراسات المجهر الإلكتروني المبكرة أشارت إلى ميزة مهمة عامة لجميع الخلايا : تحاط جميع الخلايا ، من البكتيريا إلى خلايا الإنسان بغشاء سطحي يعرف بالغشاء البلازمي ، وله صفات فريدة ، ويلعب دورا في عدة وظائف ضرورية للخلية . ومن أهم صفاته أنه حاجز عالي الاختيار (highly selective) ، وينظم مرور المواد من الخلية وإليها . إذ تنقل بعض المواد خلاله بسرعة وبسهولة ، أما المواد الأكثر تعقيدا فتنقل بوساطة جزيئات ناقلة (carrier molecules) ، هي أحد جزيئات البروتين المكونة للغشاء البلازمي ، حيث توجد على السطح الخارجي للغشاء البلازمي مستقبلات كيميائية خاصة للتفاعل مع بعض المواد الموجودة في بيئة الخلية ، أو للارتباط بها ، وهذه المستقبلات جزيئات كربوهيدراتية تختلف من خلية لأخرى .

٧-١-١- تركيب الغشاء البلازمي

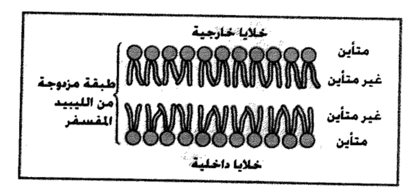
أكثر النماذج قبولا لتوضيح تركيب الغشاء البلازمي هو الأنموذج الفسيفسائي السائل (fluid mosaic model) ، الذي افترضه كل من سنجر (S.J. Singer) ونيكلسون(G. Nicloson) عام ١٩٧٢ ، ويفترض هذا الأنموذج أن الغشاء البلازمي يتكون من طبقة ليبيد مزدوجة (bilayer lipid) ، وبروتينات متنوعة توجد إما مطمورة في طبقة الليبيد المزدوجة ، أو على سطحيهاشكل (٢-٨) . فالفسيفساء مركب معقد من ليبيدات ، وبروتينات الغشاء . إن جوهر هذا الأنموذج هو طبقة الليبيد المزدوجة ، وجزيئات الليبيد في حالة سائلة .



شكل (٢-٨) الأنموذج الفسيفسائي السائل

ويغمر الماء السطوح الخارجية للخلايا ، ويملأ معظم فراغاتها ، فكيف يستطيع الغشاء البلازمي السائل أن يبقى مميزا عن السائل المحيط به؟ يعود ذلك لصفات معينة لجزيئات الليبيد .

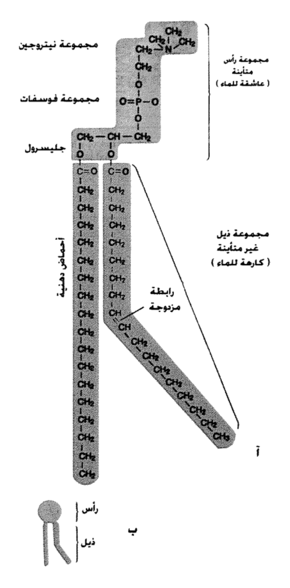
ادرس جزيئات الليبيد المفسفرة أكثر أنواع الليبيدات وجودا في أغشية الخلية ؛ شكل (٢-٨) والليبيد المفسفر (phospholipid) الأنموذج ؛ جزيء متردد (amphipathic) (مثل الليبيدات الأخرى في الغشاء) ، له رأس عاشق للماء (hydrophilic) ، (متأين) ، وذيلان كارهان للماء (hydrophobic) ، غير متأينين (شكل ٢-٩) . وعندما يحيط الماء بعدد من جزيئات الليبيد المفسفر فالتفاعلات الكارهة للماء تعمل على تجميع ذيول الأحماض الدهنية معا . ويؤدي هذا التجمع إلى تكون طبقتين من الليبيد ، رؤوس عاشقة للماء خارج الطبقتين مقابلة للماء المحيط ، وذيول كارهة للماء محصورة بينهما .



شكل (٢-٩) جزيء الليبيد المفسفر

وتتكون الذيول من سلاسل هيدروكربونية شكل (٢-١٠) ، وهي في حالة حركة مستمرة ، تدور حول محاورها الطويلة ، وتنثني إلى الأمام والخلف ، وهذه الحركة تعطي الغشاء البلازمي صفة السيولة . وهذه الصفة مهمة جدا في إصلاح التلف الذي يمكن أن يلحق بالغشاء البلازمي ، فلو ثقب الغشاء البلازمي فإن الخلية لا تفقد سيتوبلازمها ، بل تتحرك مكونات فوق الثقب وتسده ، ويسمى هذا السلوك إصلاح ذاتي (self -sealing) . وهذا السلوك فقط لإصلاح التلف . وتنبعج أجزاء

من الغشاء البلازمي إلى الداخل ، ويزداد انبعاجها حتى تكون كرات تنفصل عن الغشاء البلازمي مكونة حويصلات مغلقة تتحرك في السيتوبلازم ، وبالطريقة نفسها تتكون براعم من عضيات غشائية ، وعندما تنفصل هذه الحويصلات ، فإن سلوك سد الثقوب الذاتي لطبقة الليبيد المزدوجة تحافظ على سلامة كل من الحويصلات الجديدة المتكونة ، والغشاء البلازمي .



شكل (٢-١٠) الغشاء البلازمي يحتوي جزيئات ليبيد مفسفر

وتعتمد حالة الليبيدات على درجة الحرارة ، ففي درجات الحرارة التي تعيش عندها الخلايا بصورة طبيعية ، تكون جزيئات الليبيد في حالة سائلة ، وإذا انخفضت درجة حرارة البيئة التي تعيش فيها الخلية بسرعة تحت المعدل الطبيعي ، ووصلت إلى نقطة تسمى درجة الحرارة الانتقالية (transition tempreture) ، عندها تتوقف حركة الذيول ويتجمد الليبيد . ودرجة الحرارة الانتقالية تحدد الحد الأدنى لدرجة الحرارة التي تستطيع أية خلية العيش عندها . وانخفاض درجة حرارة الخلية تحت النقطة الانتقالية ، يقلل من معدل انتشار المواد عبر الغشاء البلازمي . وتكون الطبقة المزدوجة حواجز منفذة على سطح الخلية . والبروتينات الموجودة في طبقة الليبيد المزدوجة هي المفتاح لكيفية انتقال مواد خاصة عبر الحواجز المنفذة على سطح الخلية .

٧-١-٢- بروتينات الغشاء البلازمي

تلعب البروتينات أدواراً رئيسة في وظيفة الغشاء البلازمي وتركيبه ، وهي نوعان : سطحية (peripheral) وغائرة (integral) . وتُكوّن البروتينات السطحية نحو ثلث مجموعة بروتينات الغشاء البلازمي ، وهي تلتصق بالسطحين الخارجي والداخلي للغشاء البلازمي بروابط أيونية تتكون بين المجموعات السالبة والموجبة للبروتينات ، والمجموعات المشحونة على سطح الطبقة المزدوجة شكل (٢-٨) . وتنفصل البروتينات السطحية بسهولة عن الغشاء عند غسله بمحلول ملحي مائي . وتتنافس أيونات المحلول (مثل Na^+ و CL^-) للارتباط بشحنات على البروتين وعلى سطح الغشاء ، وتلغي الروابط الأيونية بينها .

والبروتينات الغائرة ، تُكوّن غالبية بروتينات الغشاء ، وتوجد في طبقة الليبيد المزدوجة ، وهذه البروتينات مترددة مثل جزيئات الليبيد ، لها تجمعات من أحماض أمينية ، مجموعات R كارهة للماء ، ومناطق تذوب في الماء تتكون من أحماض أمينية عاشقه للماء . والجزء الكاره للماء من البروتين الغائر ، يأخذ عادة شكل لولب ألفا ، وتتجه مجموعات R بعيدا عن الماء ، إلى المنطقة الكارهة للماء في طبقة الليبيد المزدوجة ، وتبرز المناطق العاشقة للماء من كلا سطحي الطبقة المزدوجة حيث تتفاعل مع الماء .

لا تذوب البروتينات الغائرة في محلول ملحي ؛ لأنها مكونة من جزء كاره للماء ؛ ولهذا فهي تحتاج إلى معالجة قوية لفصلها عن الأغشية أكثر من البروتينات الطرفية .

وتوجد عدة أنواع من البروتينات الموجودة في الغشاء البلازمي هي : قناة ، وناقلة ، وناقلة الكترونات ، ومميزة ، ومستقبلة ،شكل(٢-٨) وتعكس أسماؤها وظائفها كما هو موضح فيما يأتي :

أ) بروتينات قناة Canal proteins

تسمح بمرور مواد ذائبة في الماء عبر طبقة الليبيد المزدوجة ، وهي مطمورة في طبقة الليبيد المزدوجة ، لكن توجد قناة في جسم البروتين ، واحدة تفتح على كل من السيتوبلازم والسائل خارج الخلية . وبعض القنوات تبقى مفتوحة طوال الوقت ، وبعضها له بوابات تفتح فقط في أوقات معينة . ومن الأمثلة عليها القنوات لأيونات الصوديوم التي تعمل على تهييج الخلايا العصبية .

ب) بروتينات ناقلة Transport proteins

تسمح أيضا بمرور المواد عبر الطبقة المزدوجة ، وتختلف عن بروتينات قناة ، بأنها تحتاج طاقة «لضخ» مواد خاصة في اتجاه معين . مثال ، مضخة صوديوم – بوتاسيوم .

ج) بروتينات ناقلة للالكترونات Electron - transfer proteins

تستقبل الكترونات من أحد الجزيئات وتحملها (تنقلها) لجزيء آخر . وفي بعض الحالات ، تنقل أيضا أيونات هيدروجين (H^+) . السيتوكرومات أمثلة على هذا النوع من البروتينات التي تعمل في البناء الضوئي والتنفس الهوائي .

د) بروتينات مميزة Rocognition proteins

تعمل في تكوين النسيج ، وبعدها تتعرف الخلايا على بعضها(cell - cell recognition) كما تتفاعل الخلايا مع بعضها (cell - cell interaction) . وفي الحيوانات عديدة الخلايا ، فإن سلاسل عديد التسكر للبروتينات المميزة (وللجليكوليبيد) تكون «غلافاً سكرياً» عند السطح الخارجي للغلاف البلازمي . وهي

تشبه بصمات الأصابع لكل نوع من الخلايا ، تعمل على تمييز الخلية وتناسق سلوك الخلية في الأنسجة .

هـ) بروتينات مستقبلة Receptor proteins

تشبه مفاتيح الكهرباء (switches) التي تضيء وتطفئ عندما ترتبط بها مواد معينة . وهي مستقبلات خاصة لمعلومات خارجية تستطيع أن تحدث تغييراً في أيض الخلية أو سلوكها . في الفقاريات ، بعض المستقبلات منتشرة كثيراً في الجسم ، لكن بعضها محدد فقط في أنواع قليلة من الخلايا .

وغالبا ما تكون المستقبلات مرتبة على الغشاء البلازمي ، بينما يوجد بعضها داخل الخلية . ومن الأمثلة على البروتينات المستقبلة ، مستقبلات بعض خلايا الدم البيضاء ، فهي تلعب دورا رئيسا في مسؤولية الدفاع عن الجسم .

والمستقبلات المجاورة للبروتينات القناة تستطيع حفز فتح القناة وإغلاقها . مستقبلات الهرمون تسمى سوماتوتروفين (somatotrophin) ، تحول إنزيمات الأيض لنمو الخلية وانقسامها . والطفرات في هذه المستقبلات الفردية تستطيع أن تعيق نمو الخلية . وأظهرت الدراسات الحديثة أن الخلل في عمل بعض المستقبلات يسهم في بعض أشكال السرطان والسكري .

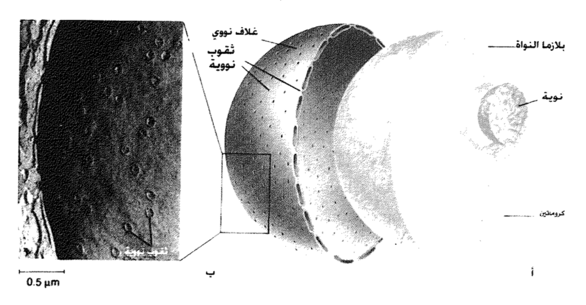
٧-٢- نواة الخلية The Cell Nucleus

أكثر العضيات بروزا في الخلية عادة هي النواة . وتكون في معظم الحالات كروية ، أو بيضاوية الشكل ، قطرها بمعدل ٥ ميكرونات (um) . ومعظم الخلايا لها نواة واحدة ، وتوجد بعض الاستثناءات ، مثلا تحتوي خلايا الكبد ، والغضروف ، والأنسجة العصبية نواتين ، وخلايا النخاع العظمي تحتوي عددا من الأنوية . وتحتوي النواة المادة الوراثية التي تضبط تراكيب الخلية ، وأنشطتها ؛ لذلك تسمى النواة مركز التنظيم (control center) .

٧-٢-١- الغلاف النووي Nuclear Envelop

يتكون الغلاف النووي من غشائين يفصلان محتويات النواة عن السيتوبلازم المحيط شكل (٢-١١) . ويلتحم غشاءا الغلاف بحيث يكونان ثقوبا نووية ، لذلك

يتصل داخل النواة مع ستيوبلازم الخلية . وتسمح الثقوب النووية بمرور المواد من داخل النواة إلى السيتوبلازم والعكس بالعكس ، لكن العملية انتخابية عالية ، تسمح فقط لجزيئات معينة أن تمر خلال هذ الفتحات . وتلتصق بالغلاف النووي الداخلي طبقة من بروتين معين يعمل كشبكة هيكلية للنواة ، ويمكن أن يلعب دورا في تحطيم الغلاف النووي (وإعادة تركيبه) خلال انقسام الخلية .



شكل (٢-١١) تشريح النواة

٧-٢-٢-الكروماتين والكروموسومات Chrmatin and Chromosomes

يوجد غالبا جميع د ن أ الخلية في النواة . وتكوّن جزيئات د ن أ الجينات ، التي تحتوي التعليمات الكيميائية المشفرة لإنتاج جميع البروتينات التي تحتاجها الخلية . وتضبط النواة تصنيع البروتين (الذي يحدث في السيتوبلازم) بارسال جزيئات المرسال ر ن أ (mRNA) ، التي هي عبارة عن نسخ أجزاء من الجينات التي تشفر البروتين خلال الغشاء النووي إلى تراكيب تشبه الخرز في السيتوبلازم تسمى رايبوسومات (ribosomes) حال التصاق mRNA بالرايبوسومات ، فإن معلوماتها تترجم ، ويصنع البروتين .

في الخلايا التي ليست في عملية انقسام ، يتحد دن أ مع البروتينات ؛ ليبدو على شكل شبكة من السلاسل ، والحبيبات تسمى كروماتين . (أي خيوط تتلون عند صبغها بأصباغ معينة) .

ورغم أن الكروماتين يظهر غير منظم ، لكنه ليس كذلك ، ولأن جزيئات د ن أ طويلة جدا ، ورفيعة ، فهي مركومة داخل الخلية . وينتظم الكروماتين على شكل تراكيب تسمى كروموسومات . وعندما تنقسم الخلية ، يجب أن تتضاعف الكروموسومات في النواة ، ويجب أن تنفصل النسختان بحيث لا يفقد شيء من البروتين أو يبقى في المكان الخطأ .

وكما تحضر الخلية نفسها للانقسام ، فإن د ن أ والبروتينات التي تكون الكروموسوم تصبح أكثر كثافة وانثناء عن المعتاد . لذلك تصبح الكروموسومات أقصر ، وأسمك ، ويمكن رؤيتها بوضوح أكثر في المجهر .

٧-٢-٣- النوية Nucleolus

أكثر عضي مرئي في النواة هي النوية ، وتصطبغ عادة بصورة مختلفة عن الكروماتين المحيط . والنوية جسم مكتنز غير محاط بغشاء ، وهي مركز تجمع الرايبوسومات شكل(٢-١١) .

٧-٣- جهاز الغشاء الداخلي Indomembrane System

٧-٣-١- الشبكة الإندوبلازمية والرايبوسومات

Endoplasmic Reticulum (ER) and Ribosomes

كشف المجهر الالكتروني عن التركيب الدقيق للشبكة الإندوبلازمية ، وإحدى المميزات البارزة أنها شبكة من الممرات المعقدة شكل (٢-١٢) ، وهي أغشية مزدوجة تتصل بكل من الغشاء البلازمي (غشاء الخلية) من جهة ، وبالغلاف النووي من جهة أخرى . وتقوم هذه الشبكة بنقل المواد ما بين السيتوبلازم والنواة . وتعتبر الشبكة

الإندوبلازمية هيكلا دعاميا للسيتوبلازم حيث تثبت محتوياته ، وتزيد مساحة سطحه الداخلي . وأول من اكتشفها العالم بورتر (Porter) عام ١٩٤٥ .

والشبكة الإندوبلازمية نوعان : خشنة وملساء . الشبكة الإندوبلازمية الخشنة (rough endoplasmic reticulum) يتناثر على أغشيتها حبيبات صغيرة يمكن رؤيتها بسهولة بوساطة المجهر الالكتروني . وتسمى هذه الحبيبات رايبوسومات ، ولها دور مهم في تصنيع البروتينات ، وقد تظهر الرايبوسومات أيضا حرة في السيتوبلازم ، وتتجمع الشبكة الإندوبلازمية الخشنة في الخلايا النامية التي تفرز بروتينات . مثلا ، خلايا البنكرياس تفرز هرمون الأنسولين (بروتين) فيها كميات كبيرة من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة شكل(٢-١٢) ، والشبكة الاندوبلازمية الملساء(smooth endoplasmic reticulum) تبدو هكذا لعدم وجود الرايبوسومات على أغشيتها ، توجد في خلايا شبكية العين وخلايا العضلات المخططة ، كما وتوجد في الخلايا التي تفرز مواد الستيرويد (steroid) مثل الهرمونات الجنسية ، أو الليبيد . وللشبكة الإندوبلازمية الملساء دور مهم في تصنيع ، وتخزين الليبيدات المختلفة .

وتختزن الشبكة الإندوبلازمية الإنزيمات بشكلها غير النشط حتى يحين وقت إفرازها . وعندما ينتقل البروتين إلى أغشية أخرى بوساطة نواقل كيسية (transport vesicles) تنفصل عن غشاء الشبكة الإندوبلازمية وتذهب إلى الغشاء الهدف .



شكل (٢-١٢) شبكة إندوبلازمية خشنة (أ) صورة مجهر الكتروني لخلية كبد فأر مظهرة قطاعا عرضيا لحويصلات مسطحة وعليها رايبوسومات . (ب) الأبعاد الثلاثة للعضي (ج) أنموذج لرايبوسوم مفرد موضحا أنه يتكون من وحدتين . (د) طريقة تعمل فيها الشبكة الإندوبلازمية كنظام نقل .

وتعمل الشبكة الإندوبلازمية أيضا عملاً مهماً آخر ، فهي مركز للإنزيمات التي تزيل السم ، إذ تكسر مثلا الجزيئات التي تسبب السرطان ، وتحولها إلى نواتج ذائبة في الماء ويتخلص الجسم منها . وأنواع معينة من الخلايا ، مثل خلايا الكبد ، تصنع وتعامل كثيرا من الكوليستيرول ، وأجساما ليبيدية أخرى ، وتعمل كمركز لإزالة السموم من الجسم .

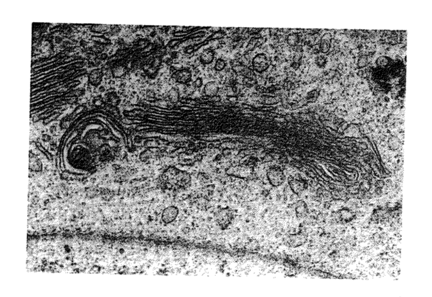
والرايبوسومات حبيبات دقيقة قطرها نحو ٠,٠٢٥ ميكروميتر ، تنتشر حرة في السيتوبلازم ، كما توجد على السطوح الخارجية للشبكة الإندوبلازمية شكل (٢-١٢) . وتوجد الرايبوسومات في جميع الخلايا ، من البكتيريا إلى الخلايا النباتية والحيوانية . ويتكون كل رايبوسوم من وحدتين ، تتكون كل منهما من ر ن أ وبروتين يتحدان معا ، ليكونان وحدة تصنيع بروتين نشط .

تُصنِّع الرايبوسومات ؛ البروتينات . وقد أمكن إثبات دورها في تصنيع البروتين بوسم الأحماض الأمينية التي تكون البروتينات بعناصر ذرية ، ثم تقديمها للخلايا ، وتتبع مصيرها داخل تلك الخلايا بطرق خاصة ، وقد ظهرت هذه الأحماض الموسومة أولا في الرايبوسومات ، ثم في البروتينات . وقد توجد الرايبوسومات مرتبطة معا في مجموعات تسمى الرايبوسومات العديدة (polysomes) ، وتكثر الرايبوسومات في الخلايا التي تصنع البروتين كخلايا الكبد ، والبنكرياس .

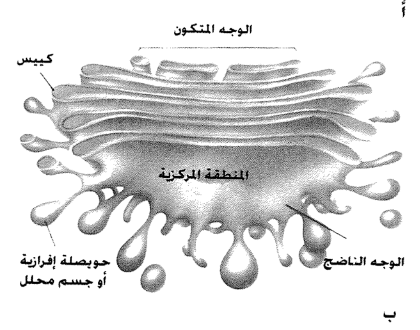
٧-٣-٢- جهاز جولجي Golgi Apparatus

أول من اكتشف جهاز جولجي ، ووصفه عالم المجهر الإيطالي جراميلو جولجي (Gramilo Golgi) عام ١٨٩٨ في الخلايا العصبية للقطط ، وبعض الطيور . فوجد طريقة خاصة ؛ لصبغ هذا العضي . ويوجد كذلك في الخلايا النباتية .

يتكون جهاز جولجي من عدة أغشية مركومة متوازية تشبه الصفيحة ، ويمكن أن تمتد هذه الأغشية إلى مناطق معينة مكونة أكياسا غشائية(cisterna) مملوءة بنواتج خلوية شكل (٢-١٣) . وهذه الأكياس منحنية مما يجعل داخل الجهاز مقعرا . ويحتوي جهاز جولجي من ٥-٣٠ كيساً غشائياً .



أ



ب

شكل (٢-١٣) جهاز جولجي من خلية حيوانية (أ) صورة مجهر الكتروني لخلايا كبد إنسان (٦٢٠٠٠ مرة) . (ب) رسم تخطيطي

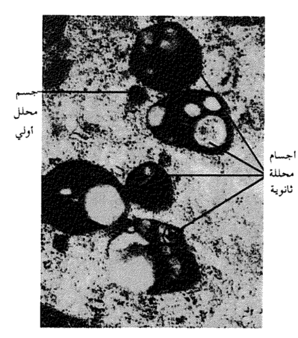
ويقوم جهاز جولجي بعدة وظائف ، فهو جهاز إفراز (secretion) ، ومعالجة (processing) ، وتحوير (modifying) . ويفرز مواد تنشط إفراز الصفراء ، والهرمونات ، والإنزيمات ، وفيتامين (C) ، وغيرها . ويصنع جهاز جولجي بعض البروتينات ، لكن معظمها يتم تصنيعه في الرايبوسومات الملتصقة بالشبكة

الاندوبلازمية الخشنة ، وبعدها تنتقل إلى جهاز جولجي بوساطة حويصلات صغيرة تتكون من غشاء الشبكة الإندوبلازمية ، حيث تعالج في جهاز جولجي قبل إفرازها . وفي أثناء حركة البروتينات خلال جهاز جولجي ، فإنها تتحور بطرق مختلفة ، وتتكون جزيئات حيوية معقدة . مثلا تضاف الكربوهيدرات إلى البروتين مكونة جلايكوبروتين (glycoprotein) ، وتضاف السكاكر إلى البروتين في الشبكة الاندوبلازمية الخشنة ، وتحور فيما بعد في جهاز جولجي .

وقد تنكسر من نهايات الأكياس الغشائية في جهاز جولجي حويصلات تتحرك باتجاه الخلية ؛ لتصبح جزءا منه ، وتمر محتوياتها خارج الخلية . ويكون جهاز جولجي غشاء خلوياً جديداً عند انقسام الخلية . كما ينتج أجساماً محللة .

٧-٣-٣- الأجسام المحللة Lysosomes

أول من أكتشفها العالم ديديوف (De Duve) عام ١٩٥٢ في خلايا كبد الجرذ . وهي عبارة عن أكياس صغيرة من الإنزيمات الهاضمة تنتشر في سيتوبلازم الخلايا الحيوانية شكل (٢-١٤) .



شكل (٢-١٤) أجسام محللة في خلية كلية إنسان . الجسم الصغير الأسود عبارة عن جسم محلل أولي . لم يتحد بعد مع حويصلة أخرى . والأجسام الكبيرة عبارة عن أجسام محللة ثانوية ، اتحدت مع حويصلات أخرى

وتتكون الأجسام المحللة بصورة عامة عند نهايات أكياس جهاز جولجي ، وينشأ بعضها من الشبكة الاندوبلازمية . وتحطم الأنزيمات الموجودة في هذه العضيات جزيئات معقدة ، متضمنة الدهون ، والبروتينات ، والكربوهيدرات ، والأحماض النووية . ويوجد في الأجسام المحللة نحو ٤٠ إنزيما مختلفا ، معظمها نشط عند درجة الحموضة (الرقم الهيدروجيني) (pH) ٥ . وتصنَّع هذه الإنزيمات في جهاز جولجي ، وتخزن في الأجسام المحللة . والغشاء المحيط بالجسم المحلل مهم جدا في حماية السيتوبلازم من التعرض للأثر الشديد للإنزيمات الموجودة فيه ، التي لولاه لاستطاعت هضم معظم محتويات الخلية .

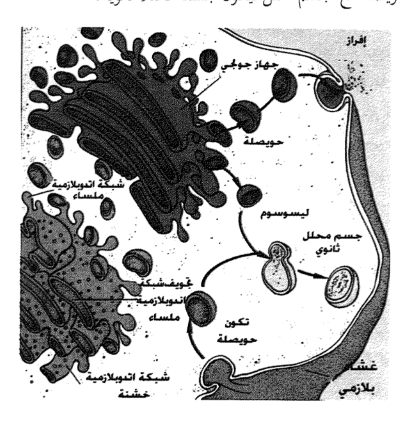
والخلية التي تفتقر إلى وقود تحطم الأجسام المحللة فيها ، العضيات ؛ لتستخدم مكوناتها كمصدر للطاقة . ويعمل الجسم المحلل أيضا على تحليل المواد الغريبة التي تلتهمها الخلايا ، فخلايا الدم البيضاء في الإنسان تحتوي عدة أجسام محللة ، وعندما تلتهم خلية دم بيضاء بكتيريا مثلا ، فإن هذه البكتيريا تحاط بحوصلة تتكون من أجزاء غشاء الخلية . ويلتحم عندها جسم محلل أو اثنان مع الحوصلة التي تحتوي البكتيريا (أو أي مادة غريبة) ؛ لتكون حوصلة أكبر تسمى جسما محللا ثانويا . وتتلامس الإنزيمات الهاضمة الفعالة في الجسم المحلل مع الجزيئات الغريبة ، وتحللها إلى مكوناتها . وهذا يجعل خلايا الدم البيضاء خطاً دفاعياً رئيسا ضد الإصابة بالأمراض .

وقد تهضم الأجسام المحللة عضيات سيتوبلازمية ، وأغشية أخرى ؛ لتقوم الخلية بإعادة بناء ، وإحلال عضيات جديدة عوضا عن العضيات القديمة ، وتستخدم هذه الوظيفة في تقدم العمر وموت الخلية ، فعندما تموت الخلية تتحطم أغشية الجسم المحلل ، محررة الإنزيمات الهاضمة إلى السيتوبلازم ، حيث تحطم الخلية نفسها ، هذا هو جهاز التحطيم الذاتي المسؤول عن الاتلاف السريع للخلايا بعد موتها . وبهذا فإن تحطم الخلية له دور إيجابي ومجدد في الكائنات الحية .

وبعض صور أنسجة محطمة كجزء من عملية التقدم في العمر يمكن أن ترجع إلى الأجسام المحللة الراشحة (leaky lysosomes) . ويعتقد أن التهاب المفاصل الرثياني

(rheumatiod arthritis) ينتج جزئياً بسبب تحطم خلايا غضروفية في المفاصل بوساطة إنزيمات تحررت من الأجسام المحللة .

الشكل (٢-١٥) يلخص العلاقات الوظيفية بين الشبكة الإندوبلازمية ، وجهاز جولجي والأجسام المحللة (جهاز الغشاء الداخلي) حيث يتم تصنيع البروتين في الشبكة الإندوبلازمية الخشنة . ويتحرك خلال تجويف القنوات والأنابيب حتى تنتقل في حويصلات من الشبكة الإندوبلازمية الملساء إلى جهاز جولجي . ويكوّن جهاز جولجي حويصلات تتحرك إلى الغشاء البلازمي والأجسام المحللة ، التي تحتوي إنزيمات هاضمة . والجزيئات الكبيرة التي تدخل الخلية بتكوين حويصلات تتحطم عندما تتلتحم الحويصلة مع الجسم المحلل ليكون جسماً محللاً ثانوياً .



شكل (٢-١٥) وظائف جهاز الغشاء الداخلي

٧-٣-٤- الأجسام الدقيقة Microbodies

الأجسام الدقيقة هي عضيات تنشأ من الشبكة الإندوبلازمية ، محاطة بغشاء مفرد . وتحتوي هذه الأجسام إنزيمات مختلفة تشجع تفاعلات الأيض . وخلال بعض هذه التفاعلات ، مثل تحطيم الدهون ، ينتج فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) (مادة سامة في الخلية) .

والأجسام فوق الأكسيدية (peroxisomes) ، نوع من الأجسام الدقيقة ، حيث تحدث التفاعلات ، وتحتوي إنزيمات تقسم (split) فوق أكسيد الهيدروجين ، وتمنع ضرره . والأجسام فوق الأكسيدية في خلايا الكبد ، والكلية يمكن أن تكون مهمة لإزالة سموم مركبات معينة مثل الايثانول (الكحول في المشروبات الكحولية) .

٧-٤- عضيات إنتاج الطاقة

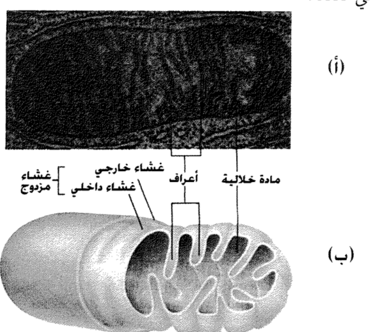
٧-٤-١- الأجسام الفتيلية Mitochondria

الأجسام الفتيلية هي بيت الطاقة (power house) في الخلية . وهي مركز معظم التفاعلات الكيميائية التي تحول الطاقة الكيميائية الموجودة في غذاء معين إلى شكل آخر من أشكال الطاقة الكيميائية ؛ ATP ، بعملية التنفس الخلوي (cellular respiration) . وتستخدم هذه الطاقة في مختلف العمليات الحيوية . وتكثر الأجسام الفتيلية في الخلايا النشيطة جداً .

لقد تم إحصاء أكثر من ١٠٠٠ جسم فتيلي في خلية كبدية ، لكن يختلف العدد حسب أنواع الخلايا . فالخلايا العضلية تحتوي أجساما فتيلية أكثر من الخلايا الغدية . وتوجد الأجسام الفتيلية على شكل كروي أو عصوي أو أنبوبي . وتختلف الأجسام الفتيلية في الحجم ، وتتراوح ما بين ٢-٨ (Mm) ميكروميتر في الطول ، وهي قادرة على تغيير الحجم والشكل بسرعة . وتتحرك في السيتوبلازم .

وعادة تعطي الأجسام الفتيلية أجساما فتيلية أخرى بالنمو والانقسام . وتتكون الأجسام الفتيلية من دهون وبروتينات وأملاح معدنية ، وفيتامينات وبعض المواد العضوية ، وحبيبات من د ن أ .

وللجسم الفتيلي (mitochondrion) تركيب دقيق شكل (٢-١٦) فهو عبارة عن كيس غشائي ، يتكون السطح الخارجي من وحدتين غشائيتين ، يطلق عليهما الغشاء المزدوج . ويحتوي التجويف الداخلي مادة خلالية (matrix) شبه سائلة ، وتحتوي المادة الخلالية إنزيمات تستخدم في تحطيم جزيئات الطعام ، وتحرير طاقتها . والغشاء الخارجي (outer membrane) ناعم غير متجعد ، ويشبه المنخل ، ويسمح بمرور عدة جزيئات صغيرة خلاله ، على عكس الغشاء الداخلي (inner membrane) ، فهو ملتز ، وينظم بشدة أنواع الجزيئات التي تتحرك خلاله ، وينثني هذا الغشاء عدة مرات متكررة مكونا زوائد تشبه الأصبع تمتد إلى التجويف تسمى أعرافا (cristae) ، وهذه الأعراف أهم ما يميز الجسم الفتيلي ، وتزيد مساحة سطح الغشاء الداخلي . ويوجد على سطح الغشاء الداخلي سلسلة من الانزيمات المعقدة ، وبروتينات أخرى تستخدم في نقل الطاقة الموجودة في جزيئات الطعام إلى شكل مختلف من الطاقة الكيميائية تخزن في ATP .



شكل (٢-١٦) تركيب الجسم الفتيلي (أ) صورة مجهر الكتروني (٧٠٠٠ مرة) . (ب) رسم تخطيطي ، أزيل الغشاء الخارجي ، وأجزاء من الغشاء الداخلي لإظهار الأعراف

٧-٥ - الهيكل السيتوبلازمي The Cytoskeleton

تحدد أشكال الخلايا وقدرتها على الحركة بوساطة هيكل من خيوط بروتينية داخل الخلية تسمى هيكل سيتوبلازمي . والنوعان الرئيسان للخيوط التي تكون الهيكل السيتوبلازمي في جميع الخلايا حقيقية النوى هما : الأنيبيبات الدقيقة (microtubules) ، والخيوط الدقيقة (microfilaments) ، وكلاهما يتكون من بروتين حبيبي (globular) ، يمكن أن يتجمع ويتفرق بسرعة . ويلعب هذان النوعان من الخيوط دورا في تكوين تراكيب أخرى تستخدم في حركة الخلية وتنظيمها .

في عدة حيوانات يوجد صنف ثالث من الخيوط ، الخيوط المتوسطة (intermediate filaments) ، قطرها ٨-١٠ نانوميتر (nm) ، وسطا بين النوعين الآخرين . وتتكون الخيوط المتوسطة من بروتين ليفي (fibrous) ، أكثر ثباتا من الخيوط الدقيقة والأنيبيبات الدقيقة . ونوع واحد من الخيوط المتوسطة يتكون من كيراتين (keratin) .

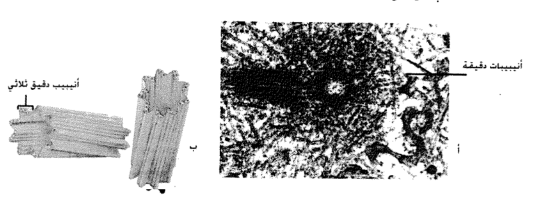
٧-٥-١- الأنيبيبات الدقيقة Microtubules

كل أنيبيب عبارة عن أسطوانة غير متفرعة ، قطرها ٣٠ نانوميتراً وسمك جدارها ٨ نانوميتر اً مكونة من ١٣ عمودا من البروتينات الكروية تسمى تيوبيولين(tubulin) . وللأنيبيبات الدقيقة دور مهم في دعم الخلية أو تحديد مسار الحويصلات الغشائية التي تحتوي مواداً إفرازية عندما تتحرك من مكان تكوينها إلى مكان التحامها مع الغشاء البلازمي لإفراز محتوياتها . وتدخل الأنيبيبات الدقيقة في تركيب محاور الخلايا العصبية ، وفي تكوين عضيات خلوية مثل الحبيبتين المركزيتين ، والأهداب ، والأسواط ، والأنيبيبات الدقيقة التي تكون خيوط المغزل (spindle fibers) ، التي تظهر في بعض مراحل انقسام الخلية ، وتختفي في مراحل أخرى .

أ) الحبيبتان المركزيتان Centrioles

جسمان صغيران داكنان ، يوجدان عادة قرب النواة في الخلايا الحيوانية التي تنقسم ، وغير موجودين في الخلايا الحيوانية التي فقدت قدرتها على الانقسام شكل (٢-١٧) .

وللحبيبة المركزية تركيب عمودي ، والجدران مكونة من سبع وعشرين أنيبيبة مرتبة في تسع مجموعات ، وتضم كل مجموعة ثلاثة أنيبيبات ، وتستخدم الحبيبتان المركزيتان في انقسام الخلية ، حيث تتضاعف قبل انقسام الخلية ، وتتحرك بحيث يقع كل زوج منها عند قطبي الخلية . ولهما وظيفة أخرى وهي تكوين الجسم القاعدي الذي له نفس تركيب الحبيبة المركزية . ويخرج من الجسم القاعدي من خلال غشاء الخلية هدب أو سوط .

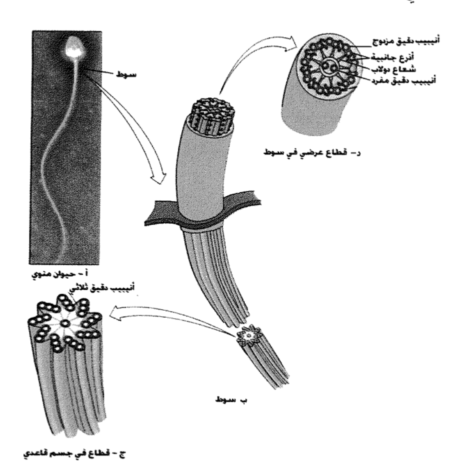


شكل (٢-١٧) الحبيبتان المركزيتان (أ) صورة مجهر الكتروني ، وتظهر كأن كل منهما متعامدة على الأخرى . لاحظ الأعداد الكبيرة من الأنيبات الدقيقة بقرب الحبيبتان المركزيتان التي تقع في مركز تنظيم الأنيبيبة الدقيقة . (ب) رسم تخطيطي يظهر الترتيب (٩+٠) الأنيبيبة الدقيقة الثلاثية ، الصفر يعني عدم وجود أنيبيبات دقيقة في مركز العضي .

ب) الأسواط والأهداب Cilia and Flagella

أعضاء الحركة في الكائنات الحية وحيدة الخلية وهي تخرج من الجسم القاعدي ، فالبراميسيوم يتحرك بالأهداب ، وتتحرك اليوجلينا بالسوط . كما يعمل السوط على دفع الحيوان المنوي ، وتعمل الأهداب على إحداث تيار ؛ لدفع الغبار بعيدا عن الرئتين .

والأسواط والأهداب هي امتدادات من الأغشية البلازمية للخلايا ، فإذا كانت طويلة بالنسبة لحجم الخلية تسمى أسواطا ، وإذا كانت قصيرة تسمى أهداباً . وسواء أكانت أسواطا ، أم أهداباً ، فلها التركيب الداخلي نفسه ، فهي زوائد أسطوانية يمتد السيتوبلازم إلى داخلها وتحتوي (١١) مجموعة من الأنيبيبات الدقيقة ، توجد ٩ مجموعات منها على شكل أزواج في محيط الأسطوانة ، في حين توجد مجموعتان منفردتان في وسطهما ، وهو ما يعرف الترتيب (٩+٢)شكل (٢-١٨) .



شكل (٢-١٨) (أ) يتحرك الحيوان المنوي بوساطة سوط يحتوي أنيبيبات دقيقة (ب) مكبر ٥٠٠مرة (ج) جسم قاعدي بترتيب (٩+٠) للأنيبيبات الدقيقة الثلاثية عند قاعدة السوط (لاحظ عدم وجود أنيبيبات دقيقة مركزية في الثلاثيات التسعة . (د)السوط له ترتيب (٩+٢) مزدوجة للأنيبيبات الدقيقة (لاحظ وجود أنيبيبان دقيقان مفردان في المركز في حلقة من (٩) مجموعات مزدوجة

٧-٥-٢- الخيوط الدقيقة Microfilaments

تتكون الخيوط الدقيقة من مادة بروتينية تدعى أكتين (actin) قطرها نحو ٧ نانوميتراً لها قدرة على الانقباض مسببة الحركة . وتتجمع هذه الخيوط في خلايا العضلات . ولها دور مهم في حركة الحويصلات الغشائية داخل السيتوبلازم ، كما أنها تساعد على دعم الخلية وتقويتها .

٧-٥-٣- الخيوط المتوسطة Intermediate Filaments

خيوط ثابتة جداً ، خشنة تتكون من عديد الببتيد التي تتراوح كثيرا في الحجم في مختلف أنواع الخلايا والأنواع . وتساعد هذه الخيوط على تقوية الهيكل السيتوبلازمي ، وتتجمع في جزء الخلية الذي يتعرض للضغط الآلي . ويمكن للخلية أن تنظم طول هذه الخيوط ، باستخدام الإنزيمات التي تحطم عديد الببتيد إلى أجزاء صغيرة . ويوضح الجدول (٢-١) تراكيب خلية حقيقية النواة ، ووظائف هذه التراكيب .

جدول (٢-١) تراكيب خلية حيوانية حقيقية النواة ووظائف هذه التراكيب

التركيب	الوصف	الوظيفة
نواة الخلية		
النواة	تركيب كبير محاط بغشاء مزدوج ، يحتوي نوية وكروموسومات .	مركز ضبط الخلية .
النوية	جسم حبيبي داخل النواة ، تتكون من ر ن أ وبروتين .	مركز تصنيع ر ن أ المرسال ، ترجمة ، مركز تصنيع ر ن أ الرايبوسومي .
كروموسومات	تتكون من معقد د ن أ والبروتين يعرف بالكروماتين ، تظهر كتراكيب عضوية عند انقسام الخلية .	تجميع وحدات الرايبوسوم ، تحتوي جينات (وحدات معلومات وراثية التي توجه تركيب ونشاط الخلية) .
الجهاز الغشائي في الخلية		
الغشاء البلازمي	غشاء يحيط خلية حية .	يحتوي سيتوبلازم ، وينظم حركة المواد من وإلى الخلية ، ويساعد على المحافظة على شكل الخلية ويتصل مع خلايا أخرى .
الشبكة الإندوبلازمية	شبكة غشائية داخلية تمتد خلال السيتوبلازم .	مركز تصنيع ليبيدات الغشاء وبروتينات الغشاء ؛ أصل الحويصلات الناقلة الداخلية التي تحمل البروتينات لتفرز .
الملساء	لا يوجد على سطحها الخارجي رايبوسومات .	تصنيع الليبيد ، عقار ضد التسمم .
الخشنة	يوجد رايبوسومات على سطحها الخارجي	مصنع لعدد من البروتينات الموجهة للإفراز أو للاندماج في الأغشية .
الرايبوسومات	حبيبات تتكون من ر ن أ وبروتين ، بعضها يلتصق بالشبكة الاندوبلازمية ، وبعضها حر في السيتوبلازم .	تصنيع عديد الببتيد .
جهاز جولجي	ركام من أكياس غشائية .	يحور البروتينات ، أكياس لافراز البروتينات ، يصنف بروتينات أخرى إلى فجوات وعضيات أخرى .

أجسام محللة	أكياس غشائية .	تحتوي إنزيمات لتحطيم المواد الملتهمة ، والإفرازات ، والفضلات .
أجسام دقيقة (مثل الأجسام فوق الأكسيدية)	أكياس غشائية تحتوي إنزيمات متنوعة .	مراكز تفاعلات أيضية منعكسة .
عضيات تحويل الطاقة		
أجسام فتيلية	أكياس تتكون من غشائين ، ينثني الغشاء الداخلي ليكون أعرافاً .	مركز معظم تفاعلات التنفس الخلوي ، محول للطاقة التي أصلها جلوكوز أو ليبيدات إلى ATP .
الهيكل السيتوبلازمي		
أنيبيبات دقيقة	أنابيب فارغة تتكون من بروتين تيوبيولين .	دعم تركيبي ، له دور في حركة الخلية والعضيات وانقسام الخلية ، مكون للأهداب ، والأسواط ، والحبيبات المركزية .
خيوط دقيقة	تراكيب صلبة تشبه العصي تتكون من بروتين الأكتين .	دعم تركيبي ، لها دور في حركة الخلية والعضيات وانقسام الخلية .
حبيبتان مركزيتان	زوج أسطواني فارغ توجد قرب مركز النواة ، تتكون كل حبيبة مركزية من تسع أنيبيبات دقيقة ثلاثية (تركيب ٩×٣) .	تكون خيوط مغزلية في الانقسام المتساوي بين الحبيبتان المركزيتان خلال انقسام الخلية الحيوانية .
أهداب	نسبياً قصيرة ، تمتد بروزات من سطح الخلية ، مغطاة بغشاء بلازمي ، تتكون من أنيبيبات دقيقة ، اثنان في المركز وتسع في الطرف (التركيب ٩+٢) .	تحرك كائنات حية وحيدة الخلية ، تستخدم لتحريك المواد على سطح بعض الأغشية .
أسواط	بروز طويل يمتد من سطح الخلية ، مغطاة بغشاء بلازمي ، تتكون من أنيبيبات دقيقة ، اثنان في الوسط وتسع في الطرف (التركيب ٩+٢) .	تحرك كائنات حية وحيدة الخلية ، والحيوانات المنوية .

٨. محتويات خلوية أخرى

إضافة إلى العضيات الغشائية ، والعضيات اللاغشائية توجد في بعض أنواع خاصة من الخلايا مكونات أخرى ، غالبا ما تكون عضوية ، تظهر في الخلية ، أو تختفي منها حسب الحاجة ، ومن هذه المكونات :

٨-١- أجسام نسل Nissil Body

مختصة في الخلايا العصبية ، توجد على شكل حبيبات صغيرة ، أو قشور مختلفة الأشكال ، والأحجام ، وتنتشر في السيتوبلازم . وتتركب هذه الأجسام من البروتين ، والحامض النووي الرايبوزي ر ن أ وآثار من الحديد ، ويعتقد أن هذه الأجسام تخرن الأكسجين ، أو الطاقة في الخلايا العصبية . ويظهر على أجسام نسل تغييرات واضحة في حالات النشاط الفسيولوجي والحالات المرضية حيث تختفي تماما ، ثم تعود للظهور عندعودة الحياة الطبيعية للخلايا .

٨-٢- صبغة الميلانين Melanin Pigment

توجد في خلايا الجلد والشعر والعيون لاعطائها لونا مميزا ، كما أنها تحمي الجسم من الأشعة فوق البنفسجية .

٨-٣- الدهنيات Fats

تخزن في الخلايا الدهنية كاحتياطي للطاقة .

٨-٤- الجلايكوجين Glycogen

يخزن في الكبد والعضلات ويستخدم عند حاجة الجسم كمصدر سريع للطاقة .

٨-٥- مادة مخاطية Mucous

توجد هذه المادة في الخلايا التي تبطن مجرى التنفس والقناة الهضمية ، وتعمل على حمايتها وتليينها .

١٣ . الخلاصة

٠١ تنص النظرية الخلوية على أن جميع الكائنات الحية تتكون من خلايا ونواتج خلايا ، وتتكون الخلايا الجديدة من انقسام خلايا سابقة فقط .

٠٢ روبرت هوك أول من أطلق اسم غرف صغيرة على وحدات صغيرة في قطاعات الفلين ، وأصبحت تعرف بالخلايا .

٠٣ ساعد تطور المجاهر واكتشاف تقنيات حفظ وصبغ الخلايا ؛ علماء الأحياء على اكتشاف عضيات الخلية مع بداية القرن العشرين .

٠٤ تشترك جميع الخلايا في صفات أساسية رغم وجود اختلافات بين هذه الخلايا .

٠٥ تصنف الخلايا إلى مجموعتين رئيستين : خلايا بدائية النوى وخلايا حقيقية النوى .

٠٦ الخلية حقيقية النواة منظمة بصورة عالية ومعقدة جدا .

٠٧ تحاط جميع الخلايا بغشاء سيتوبلازمي ، وتشترك جميعها في عدد من الصفات هي :

أ) تتركب من الليبيدات المفسفرة والبروتينات .

ب) ليبيدات الغشاء لها رؤوس عاشقة للماء ، وذيول كارهة له ، وعندما تحاط بالماء فانها تتماثل تلقائياً إلى طبقة مزدوجة . جميع الرؤوس خارج سطحي طبقة الليبيد المزدوجة ، وجميع الذيول بينهما .

ج) طبقة الليبيد المزدوجة هي التركيب الرئيس لجميع أغشية الخلية ، وتعمل كحاجز كاره للماء بين محلولين .

د) تبرز سيولة الغشاء من خلال حركة جزيئات الليبيد السريعة .

هـ) أعمال الغشاء تتم بوساطة البروتينات المطمورة في طبقةالليبيد المزدوجة أو الموجودة في أحد أو كلا سطحي الغشاء البلازمي .

٠٨ تعتبر النواة مركز تنظيم الخلية ، ويحيط بها غلاف نووي به ثقوب تسمح بمرور المواد بين النواة والسيتوبلازم .

٠٩ يوجد جميع د ن أ الخلية في النواة ، حيث توجد جزيئات د ن أ ، الجينات ، التي تحتوي التعليمات الوراثية لإنتاج جميع البروتينات التي تحتاجها الخلية .

٠١٠ الشبكة الاندوبلازمية هيكل دعامي للسيتوبلازم ، وهي نوعان :

١٠ . ١خشنة يوجد على سطحها حبيبات الرايبوسومات ، ولها دور مهم في تصنيع البروتينات .

١٠ . ٢ ملساء لا توجد على سطحها حبيبات الرايبوسومات ، ولها دور مهم في تصنيع وتخزين الليبيدات المختلفة .

٠١١ يتكون جهاز جولجي من عدة أغشية مركومة متوازية ، ويقوم بعدة وظائف : فهو جهاز إفراز ، ومعالجة ، وتحوير .

٠١٢ تحتوي الأجسام المحللة إنزيمات مختلفة معظمها نشط عند درجة الحموضة (pH) ٨ ، وتحلل هذه الأجسام المواد الغريبة التي تلتهما الخلايا ، وقد تحلل عضيات أخرى داخل الخلية ؛ لتقوم الخلية باعادة بناء وإحلال عضيات أخرى .

٠١٣ الأجسام فوق الأكسيدية (البيروكسي سومات) نوع من الأجسام الدقيقة ، وتحتوي إنزيمات تقسم فوق أكسيد الهيدروجين وتمنع ضرره .

٠١٤ الأجسام الفتيلية هي بيت الطاقة في الخلية ، وهي مركز معظم التفاعلات الكيميائية التي تحول الطاقة الكيميائية في الغذاء إلى ATP بعملية التنفس الخلوي .

٠١٥ يتكون الهيكل السيتوبلازمي من خيوط بروتينية ، وهي ثلاثة أنواع :

١٥ . ١ الأنيبيبات الدقيقة : وتدخل في تركيب محاور الخلايا العصبية والحبيبات المركزية ، والأهداب ، والأسواط ، وهي التي تكون خيوط المغزل .

١٥ . ٢ الخيوط الدقيقة : لها قدرة على الانقباض مسببة الحركة ، وتتجمع في خلايا العضلات .

١٥ . ٣ الخيوط المتوسطة ثابتة جدا ، وخشنة وتتجمع في جزء الخلية الذي يتعرض للضغط الآلي ، وتساعد على تقوية الهيكل السيتوبلازمي .

أسئلة للتقويم الذاتي

السؤال الأول :

املأ الفراغات في الجمل الآتية مستخدما المصطلحات العلمية الدقيقة :

١٠ قدرة المجهر على التمييز بين نقطتين متلاصقتين تعرف بـ . . . .

٢٠ البروتينات التي تفرزها الخلية تصنع على . . . . الملتصقة على . . . .

٣٠ توجد المادة الوراثية في . . . . . . الخلايا بدائية النوي . وفي الخلايا حقيقية النوى المنقسمة ، تتعقد مع البروتين على شكل تراكيب ملتفة تسمى . . . . وفي الخلايا غير المنقسمة ، تكون على شكل سلاسل طويلة تسمى . . . .

٤٠ تصنع معظم البروتينات المتجهة إلى الغشاء البلازمي على . . . . وبعدها تنقل بوساطة . . . . إلى . . . . ، حيث تحور بإضافة . . . . و . . . .

٥٠ الإنزيمات المحللة الفعالة الموجودة في . . . . تتحرر عندما تموت الخلية وتهضم بقايا الخلية .

٦٠ العضيات المحاطة بغشاء وتحطم H_2O_2 تسمى . . . .

٧٠ الانثناءات التي تشبه الزوائد الأصبعية في الغشاء الداخلي للجسم الفتيلي تسمى . . . . وهي مركز تصنيع . . . .

٨٠ خيوط سيتوبلازمية أسطوانية جوفاء . . . . ، تلعب دورا في ضبط شكل وحركة الخلايا.

٩٠ الهيكل المرن في سيتوبلازم الخلية يسمى هيكل سيتوبلازمي يتكون من . . . . و . . . . و . . . .

١٠٠ . . . . و . . . . تبرز من سطح الخلية ، وتستخدم لتحريك الخلية في السائل المحيط أو تحريك السائل عبر سطح الخلية. ويتركب مركز كل منها من ١١ مجموعة من . . . . تترتب . . . . في المركز و . . . . حول المحيط.

١١٠ تتجمع الرايبوسومات في .... في منطقة ....
في الخلية الحيوانية.

١٢٠ يحور جهاز جولجي البروتينات بإضافة كربوهيدرات مقعدة إلى حامض أميني معين في سلاسل عديد الببتيد ليكون ....

السؤال الثاني

زاوج اسم العضي في العمود (أ) ووظيفته من العمود (ب)

العمود (أ)	العمود (ب)
١٣٠حبيبات مركزية	أ) عضيات تحتوي انزيمات لتحويل الدهون المخزونة إلى سكاكر .
	ب) مركز التصنيع الحيوي للبيبدات .
	ج) أغشية داخلية ، مركز تصنيع البروتين للغشاء البلازمي وإفراز البروتينات .
١٤٠ كروموسومات	د) ر ن أ وأجزاء بروتين تستخدم في تصنيع البروتين .
١٥٠ أهداب	هـ) مركز معالجة وتحوير نواتج الخلية الافرازية .
١٦٠ سوط	و) تحرك المواد على طول سطح الخلية .
١٧٠ جهاز جولجي	ز) بروز طويل من سطح الخلية يحرك الخلية .
١٨٠ خيوط دقيقة	ح) تحتوي د ن أ وكروموسومات .
١٩٠ أنيبيبات دقيقة	ط) مركز تجميع الرايبوسومات .
٢٠٠ أجسام فتيلية	ي) تحتوي جينات .
٢١٠ نوية	ك) مركز معظم تفاعلات التنفس الخلوي .
٢٢٠ نواة	ل) خيوط دقيقة تزود داخل الخلية بدعامة هيكلية .
٢٣٠ رايبوسومات	م) مكون للأهداب والأسواط والحبيبات المركزية .
٢٤٠ شبكة إندوبلازمية خشنة	ن) أزواج من تراكيب أسطوانية تحتوي أنيبيبات دقيقة في تركيب ٩×٣ .
٢٥٠ شبكة اندوبلازمية ملساء	ش- تراكيب دقيقة تحتوي كروموسومات .

١١٠ أسئلة للمراجعة

١٠ تتبع تطور نظرية الخلية . ما أهميتها في فهم كيف تعمل الكائنات الحية؟

٢٠صف الأنموذج الفسيفسائي السائل للغشاء البلازمي ، ما الذي يجعل الغشاء سائلا؟ ما الأجزاء التي تشكل الفسيفساء.؟

٣٠ اذكر خمس مميزات تركيبية لأغشية جميع الخلايا.

٤٠صف أعمال بروتينات الغشاء.

٥٠ارسم أشكالا تخطيطية لخلية بدائية ، وخلية حيوانية. واكتب أسماء العضيات على الرسم.

٦٠ ما وظائف كل من :

أ) الرايبوسومات

ب) الشبكة الاندوبلازمية

ج) جهاز جولجي

د) الأجسام المحللة.

٧٠ صف الفروق بين الخيوط الدقيقة والأنيبيبات الدقيقة . قارن بين تركيبهما ودورهما في بناء الخلية ووظيفتها.

٨٠ لماذا تسمى الأجسام المحللة أحياناً جهاز تحطيم ذاتي في الخلية؟



الانقسامان المتساوي والمنصف

Mitosis and Meiosis

المحتويات

٤- ٤- تكون الحيوان المنوي والبويضة

٤ -٥- أهمية الانقسام المنصف

٠٥ الخلاصة

٠٦ أسئلة للتقويم الذاتي

٠٧ أسئلة للمراجعة

الأهداف التعليمية

يتوقع منك بعد دراسة هذا الفصل أن تكون قادراً على أن :

١- تصف نتائج كل من الانقسامين المتساوي والمنصف وأهمية كل منهما .

٢ - تصنف الكروموسومات (الأجسام الصبغية) حسب موقع القطعة المركزية .

٣ - تصف دورة الخلية وترسمها .

٤ - تناقش كل مرحلة من مراحل الانقسام المتساوي ، وترسمها .

٥ - تصف الأحداث الثلاثة التي تقع خلال الانقسام المنصف الأول .

٦ - تناقش كل مرحلة من مراحل الانقسام المنصف ، وترسمها .

٧ - تناقش أوجه الشبه والاختلاف بين الانقسامين المتساوي والمنصف .

٨ - تشرح تكون الأمشاج الذكرية والأنثوية في الإنسان .

يوجد في كل كائن حي مادة وراثية (genetic material) تتكون من الحامض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين د ن أ ،و د ن أ منتظم في وحدات تدعى جينات genes ، وهي التي توجه جميع النشاطات الأيضية للخلية . وتنتقل المادة الوراثية من جيل خلايا إلى الجيل الذي يليه ، ومن الكائنات الحية إلى ذريتها .

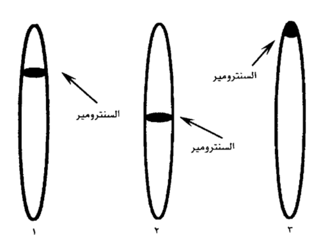
وهناك عمليتان رئيستان لانتقال المادة الوراثية في الكائنات الحية حقيقية النوى متضمنة الإنسان هما : الانقسام المتساوي (غير المباشر) (mitosis) ، والانقسام المنصف (الاختزالي) (meiosis) . ومع أن العمليتين متشابهتان في عدة طرق ، إلا أن النتائج مختلفة تماماً . إذ يؤدي الانقسام المتساوي إلى إنتاج خليتين متماثلتين بكمية ونوعية المادة الوراثية . بينما يختزل الانقسام المنصف المادة الوراثية إلى النصف بدقة متناهية . وهذا الاختزال مهم في التكاثر الجنسي ، حتى لا تتضاعف كمية المادة الوراثية مع كل جيل . ففي الانقسام المتساوي تتوزع المادة الوراثية بالتساوي بين الخليتين الوليدتين . وينتج عن الانقسام المنصف خلايا تناسلية (أمشاج)(gametes).

لذلك فالانقسام المنصف خطوة مهمة لانتقال المادة الوراثية من كائن حي إلى ذريته .

٠١ الكروموسومات (الأجسام الصبغية) المتماثلة ، العدد النصفي ، والعدد المضاعف Homologous Chromosomes, Haploid and Diploid

عند وصف الانقسامين المتساوي والمنصف ، نستخدم مفاهيم : الكروموسومات المتماثلة ، والعدد النصفي ، والعدد المضاعف .

ويكون تمييز الكروسومات أكثر سهولة في أثناء الانقسام المتساوي ، حيث تأخذ شكلا وطولاً مميزين ، ويحتوي كل كروموسوم منطقة كثيفة تسمى قطعة مركزية (centromere) ، تثبّت المظهر العام للكروسوم . ويوضح الشكل (٣-١) الكروموسومات على كل منها قطعة مركزية ، في نقاط مختلفة تنتشر على طول المحاور .



شكل (٣-١) أنواع الكروموسومات بالنسبة لموقع القطعة المركزية عليها .
(١) نهائي السنترومير (٢) وسطي السنترومير (٣) طرفي السنترومير .

وتمتد أذرع الكروموسوم من كل جهة من القطعة المركزية ، وتنتج نسب مختلفة للأذرع حسب موقع القطعة المركزية . وكما يوضح الشكل (٣-١) يمكن تصنيف الكروموسومات إلى :

١- نهائي القطعة المركزية :Telocentric : تقع القطعة المركزية في أحد طرفي الكروموسوم تماماً .

٢ - وسطي القطعة المركزية Metacentric : تقع القطعة المركزية في منتصف الكروموسوم وتقسمه إلى ذراعين متساويين تماماً .

٣- طرفي القطعة المركزية Acrocentric : تقع القطعة المركزية قريبة من أحد طرفي الكروموسوم وتقسمه إلى ذراعين غير متساويين .

نلاحظ عند دراسة الانقسام المتساوي ما يأتي:

عدد الكروموسومات ثابت في النوع الواحد ، أي أن كل خلية جسمية ضمن أفراد النوع نفسه تحتوي عدد الكروموسومات نفسه . وهذا ما يعرف بالعدد المضاعف للكروموسومات ويرمز له بالرمز (2n) . وتبعا لذلك فإن جميع الكروموسومات توجد في أزواج ، ويعرف فردا كل زوج الكروموسومين المتماثلين . ولكل كروموسوم طول محدد ، وموقع معين للقطعة المركزية ، وللآخر الصفات نفسها .

مجموع الجينات التي توجد على كل فرد من زوج الكروموسومات المتماثلة يساوي نصف جينات النوع الموجود على جميع الكروموسومات .

والعدد النصفي للكروموسومات (1n) يساوي نصف العدد المضاعف لها (2n) .

ويوجد تشابه مهم بين أزواج الكروموسومات المتماثلة ، حيث يحتوي كل زوج مواقع متماثلة للجينات على طول محاورها ، ووراثة كامنة متماثلة .

في التكاثر الجنسي ، يأتي كروموسوم من زوج الكروموسومات من الأم عن طريق البويضة (ovum) ، ويأتي الكروموسوم الآخر من الأب عن طريق الحيوان المنوي (sperm) . وبذلك فإن كل كائن حي يحتوي العدد المضاعف من الكروموسومات .

يحول الانقسام المنصف العدد المضاعف للكروموسومات إلى العدد النصفي لها في أثناء تكون الأمشاج . وبهذا تحوي الأمشاج فرداً من كل زوج من أزواج الكروموسومات المتماثلة . ويتبع هذا اندماج مشيجين في عملية الاخصاب (fertilization) ، ويعود عدد الكروموسومات إلى العدد المضاعف ، وبهذا تتم المحافظة على ثبات المادة الوراثية عبر الأجيال .

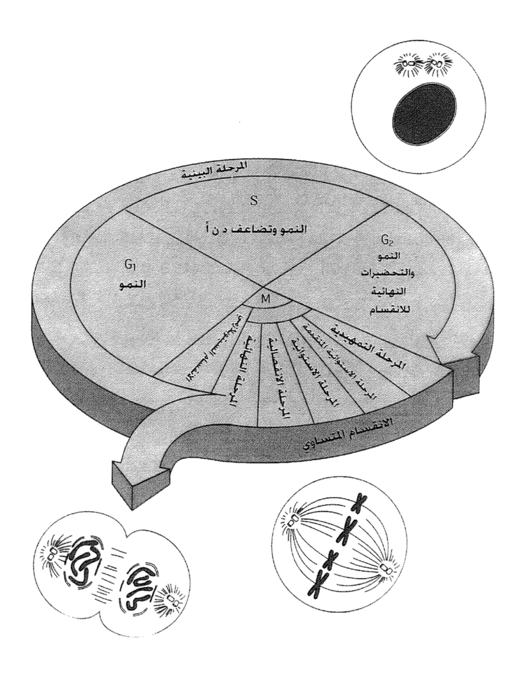
لكن يوجد استثناء مهم لمبدأ أزواج الكروموسومات المتماثلة ، فزوج الكروموسومات المحدد للجنس في عدة أنواع ، قد لا يكون الفردان فيه متماثلين في الحجم ، وموقع القطعة المركزية ونسبة الأذرع ، والوراثة الكامنة . ففي الإنسان ، تحتوي الذكور كروموسوم Y إضافة إلى كروموسومان X ويعرف (XY) بأنهما كروموسومان جنسيان (sex chromosomes) بينما تحمل الإناث كروموسومين جنسيين متماثلين هما (XX).

والكروموسومان (XY) ليسا متماثلين تماما .(Y) أصغر من (X) ، كما أنه لا يحتوي الجينات الموجودة على (X) . ومع ذلك يسلكان كأنهما متماثلان . وتستقبل الأمشاج الناتجة من الذكور ، الكروموسوم X أو Y .

٢٠١ المرحلة البينية ودورة الخلية Interphase and the Cell Cycle

تتعاقب معظم الخلايا حالتي الانقسام واللاإنقسام على التوالي . ويعتقد أحياناً أن المرحلة البينية لا علاقة لها بالانقسام المتساوي ، وهي ليست سوى مرحلة في نمو الخلية . وكشفت التقنيات الحديثة للكيمياء الحيوية (biochemistry) أن الخطوة التحضيرية الضرورية للانقسام المتساوي تحدث في أثناء المرحلة البينية ، وهذه الخطوة هي مضاعفة المادة الوراثية .

ويتبع مرحلة نمو الخلية الأولى (GI) فترة مضاعفة (د ن أ) في أثناء المرحلة البييينية (S) ، ويليها مرحلة النمو الثانية (G2) ، ثم الانقسام المتساوي ، والشكل (٣-٢) يوضح دورة الخلية . وتبدي الخلية في أثناء مرحلتي GI و G2 نشاطا أيضياً كبيراً .



شكل (٣-٢)

دورة الخلية

٠٣ الانقسام المتساوي Mitosis

إن عملية الانقسام المتساوي حرجة وحاسمة لمعظم الكائنات الحية . ففي الكائنات الحية وحيدة الخلية مثل الأوليات ، والطحالب ، والفطريات ، يكون الانقسام المتساوي أساس التكاثر اللاجنسي .

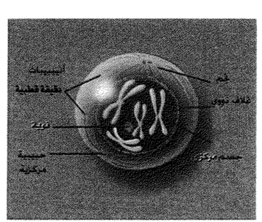
والكائنات الحية عديدة الخلايا تحتوي العدد المضاعف للكروموسومات ، تبدأ حياتها خلية مفردة ، عبارة عن بويضة مخصبة تدعى لاقحة (zygote). ونشاط الانقسام المتساوي للاقحة والخلايا الوليدة الناتجة هي الأساس لنمو الكائن الحي وتطوره . والانقسام المتساوي في الكائنات الحية كبيرة السن مهم لتعويض الأنسجة التالفة بسبب الجروح ، أو غيرها . فمثلا نجد خلايا بشرة الجلد في الإنسان تزول دائماً وتعوض . وينتج أيضاً عن الانقسام المنصف الإنتاج المستمر للخلايا الشبكية (reticulocytes) ، التي تفقد أنويتها في نهاية الأمر ، وتزود الفقاريات بالخلايا الدموية الحمراء .

ويشمل الانقسام المتساوي عملية انقسام نواة الخلية ، وينتج عنه انقسام خلية إلى خليتين وليدتين ، الحجم الأولي لكل خلية وليدة جديدة تقريباً يساوي نصف حجم الخلية الأصيلة ، ونواة كل خلية وليدة جديدة ليست أصغر من نواة الخلية الأم الأصلية ، وبكل نواة مجموعة كروموسومات مماثلة لما هو موجود في الخلية المنقسمة ؛ أي أن كمية د ن أ في نواة كل خلية وليدة جديدة مساوية لكمية د ن أ في نواة خلية الأم الأصلية .

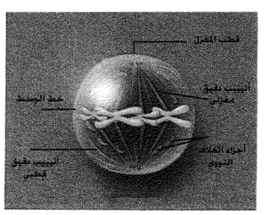
في أثناء الانقسام المتساوي للخلية ، تختلف آلية انقسام السيتوبلازم (cytokinesis) عن انقسام النواة ومادتها الوراثية . فينقسم السيتوبلازم إلى حجمين متساويين ، يتبعه إحاطة كل قسم بغشاء سيتوبلازمي يكون خليتين جديدتين . وتزود الخليتان الوليدتان بالعضيات السيتوبلازمية ، إما بمضاعفتها لنفسها ، أو نشوئها من تراكيب غشائية موجودة ، أو تصنع من جديد . وانقسام المادة الوراثية (الكروموسومات) بين الخليتين الوليدتين أكثر تعقيداً من انقسام السيتوبلازم ، كما أنها تحتاج إلى دقة متناهية . فيجب أن تتضاعف الكروموسومات أولاً ، وتتوزع بعدها بدقة على الخليتين الوليدتين . والنتيجة النهائية هو إنتاج خليتين بكل منهما العدد

المضـاعف من الكرومـوسـومـات ، من خليـة مـفـردة بهـا العـدد المضـاعف من الكروموسومات .

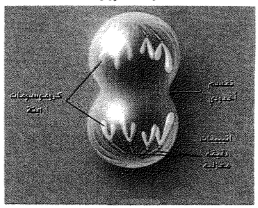
ومع أن الانقسام المتساوي سلسلة مستمرة من العمليات ؛ إلا أن هناك أحداثاً معينة تعمل على تحديد أربع مراحل ، لكل مرحلة أحداث دقيقة محددة . والمراحل حسب حدوثها هي التمهيدية prophase ، والاستوائية metaphase ، والانقصالية anaphase ، والنهائية telophase ، الشكل (٣-٣) .



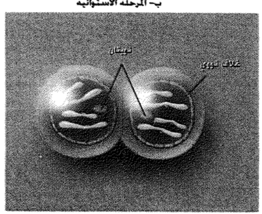
أ- المرحلة التمهيدية



ب- المرحلة الاستوائية



ج- المرحلة الانفصالية



د- المرحلة النهائية

شكل (٣-٣) مراحل الانقسام المتساوي

٣-١ - المرحلة التمهيدية Prophase

تستغرق هذه المرحلة ثلث وقت الانقسام المتساوي تقريباً ، ويتناسب طول مدة هذه المرحلة مع أهمية الإنجاز الذي يتم فيها .

وارتحال زوجي الحبيبات المركزية (centrioles) إلى طرفي الخلية المتقابلين أحد الأحداث المبكرة في الخلية الحيوانية . وتوجد الحبيبات المركزية خارج الغلاف النووي في منطقة مميزة من السيتوبلازم تدعى الجسم المركزي (centrosome). ويعتقد بأن كل زوج من الحبيبات المركزية يتكون من وحدة ناضجة صغيرة متكونة حديثاً ؛ هي الحبيبة المركزية .

ويوضح اتجاه ارتحال الحبيبات المركزية إلى طرفي الخلية المتقابلين ؛ قطبي الخلية . وبهذا يتكون المحور الذي يتم على طوله انفصال الكروموسومات . ويتبع ارتحال الحبيبات المركزية إلى قطبي الخلية تكوّن الخيوط المغزلية (spindle fibers) من الأنيبيبات الدقيقة السيتوبلازمية ، وينظم هذه العملية الحبيبات المركزية .

وفي أثناء ارتحال الحبيبات المركزية ، يتلاشى الغلاف النووي تدريجياً ، وتتحلل النوية في النواة . وخلال هذه الأحداث يتكثف الكروماتين (chromatin) شكل المادة الوراثية خلال المرحلة البينية - حتى تظهر تراكيب خيطية واضحة تسمى كروموسومات ، وقرب انتهاء المرحلة التمهيدية ، يظهر كل كروموسوم على شكل تركيب مضاعف منشق طوليا ، ويتصل الشقان بنقطة واحدة تسمى القطعة المركزية ، وكل شق يسمى كروماتيد (chromatid). وكل كروماتيد يحتوي سلماً لولبياً واحداً من د ن أ المتصل من بداية الكروماتيد إلى نهايته . مثلا في الانسان ، العدد المضاعف للكروموسومات ٤٦ ، والمرحلة التمهيدية المتأخرة تظهر ٤٦ تركيبا للكروموسومات ، تضاعف كل منها ما عدا في منطقة القطعة المركزية . وتتوزع هذه بطريقة عشوائية في المنطقة التي شغلتها النواة في بداية المرحلة .

وعند اكتمال المرحلة التمهيدية ، تظهر الأشعة المغزلية بين الحبيبات المركزية الموجودة في قطبي الخلية ، ويبدأ ظهور الغشاء المحيط بالنواة والغشاء المحيط بالنوية ، كما تظهر الكروماتيدات .

٣-٢- المرحلة الاستوائية Metaphase

الحدث الواضح في هذه المرحلة هو ارتحال منطقة القطعة المركزية (centromic region) لكل كروموسوم باتجاه خط استواء الخلية (equatorial plate) ، الذي يمثل منطقة الخط الوسطي للخلية والعمودي على الخط الواصل بين قطبي الخلية .

ويطلق مصطلح المرحلة الاستوائية على شكل الكروموسومات التي تتبع ارتحال القطع المركزية باتجاه خط استواء الخلية . وفي هذا الوصف فإن المرحلة الاستوائية المتقدمة (prometaphase) ترجع إلى مرحلة تحرك الكروموسومات . ويحدث ارتحال القطع المركزية نتيجة ارتباط خيط مغزلي ، أو أكثر بالقطعة المركزية في كل كروموسوم ، ويحدث هذا الارتباط قبل تحرك أي كروموسوم وهو لا يزال تركيباً مضاعفاً . وعند اكتمال المرحلة الاستوائية تكون كل قطعة مركزية مصطفة على خط استواء الخلية وتكون أذرع الكروموسومات ممدودة خارجاً بترتيب عشوائي .

٣-٣- المرحلة الانفصالية Anaphase

تحدث أكثر الأحداث دقة في الانقسام المتساوي خلال أقصر مراحله ، وهي المرحلة الانفصالية . وخلال هذه المرحلة ينفصل الكروماتيدان الشقيقان لكل كروموسوم عن بعضهما ويرحلان إلى قطبي الخلية . وحتى يحدث الانفصال كاملاً ، فإن كل قطعة مركزية يجب أن تنقسم إلى قسمين ، وحال حدوث هذا ، فإن كل كروماتيد يصبح كروموسوماً . وباستخدام المجهر الالكتروني يمكن أن نرى تحرك الكروموسومات إلى قطبي الخلية ، اعتماداً على التصاق الأشعة المغزلية بالقطعة المركزية .

وتقود القطع المركزية ارتحال الكروموسومات ، وتتخذ الكروموسومات أشكالاً مختلفة حسب موقع القطع المركزية عليها .

وتكون الكروموسومات قد ارتحلت إلى قطبي الخلية عند اكتمال المرحلة الانفصالية ، والخطوات التي تحدث خلال هذه المرحلة حرجة ؛ لأنها تزود كل خلية وليدة جديدة بمجموعة كروموسومات متماثلة . فعند نهاية الانقسام في خلايا الانسان يوجد ٤٦ كروموسوماً في كل خلية ، إذ يوجد كروموسوم من كل زوج أصلي شقيق .

٣-٤- المرحلة النهائية Telophase

هذه آخر مرحلة في الانقسام المتساوي . وأهم حدث فيها هو انقسام السيتوبلازم ، والنتيجة النهائية هي تكون خليتين .

تبدأ الأحداث الضرورية للانتقال من الانقسام المتساوي إلى المرحلة البينية ، خلال المرحلة الانفصالية المتأخرة . وهي عكس ترتيب الأحداث التي حصلت خلال المرحلة التمهيدية المبكرة . ففي كل خلية تبدأ الكروموسومات بالانحلال لتصبح مادة كروماتينية منتشرة مرة ثانية ، بينما يتشكل الغلاف النووي ثانية حولها . وتبدأ النوية بالظهور وتبدو واضحة في النواة خلال المرحلة البينية المبكرة مع اختفاء الخيوط المغزلية .

٠٤ الانقسام المنصف والتكاثر الجنسي

Meiosis and Sexual Reproduction

ينتج عن الانقسام المتساوي خلايا وليدة تحتوي نفس المعلومات الوراثية في الخلية الأصلية . في حين ينتج عن الانقسام المنصف أمشاج ، أو جراثيم (spores) ، ويحتوي كل مشيج ، أو جرثومة نصف المعلومات الوراثية في الخلية الجسدية (الذاتية) (somatic cell). وخلال التكاثر الجنسي يتحد مشيج من الأب وآخر من الأم في عملية الإخصاب (fertilization) لإعادة المادة الوراثية (المعلومات الوراثية) مساوية لما هو موجود في الخلايا الجسدية . وأحداث الانقسام المنصف دقيقة لدرجة كبيرة . ولا يمكن أن ينتج عنه أمشاج تكون كروموسوماتها مرتبة بطريقة عشوائية . بل يحتوي كل مشيج نصف عدد الجينات الموجودة على الكروموسومات في الخلية الأصلية ؛ لأن كل مشيج يحتوي تماماً ؛ فردا من كل زوج من أزواج الكروموسومات المتماثلة . فالإخصاب إذن ينتج لاقحة بها العدد الكامل من الكروموسومات متماثلة في العدد والنوع للكروموسومات للخلية الأصل ، مؤكدا استمرارية الأنواع من جيل إلى آخر .

كما أن عملية التكاثر الجنسي تؤكد التنوع الوراثي (genetic variety) بين أفراد النوع الواحد . ويستقبل كل فرد من النسل نسخة من كل جين من الجينات الموجودة

على الكروموسومات من كلا الأبوين . ويعرف مكان وجود الجين على الكروموسوم بالموقع الجيني (locus) ، ويمكن أن توجد أشكال بديلة للجين ، وهذه تدعى البدائل (alleles) ، وتنشأ من تغيرات وراثية أو طفرات (mutaions). ويعيد التكاثر الجنسي تنظيم اتحاد البدائل ، منتجا نسلاً لا يتطابق مع أي من الأبوين .

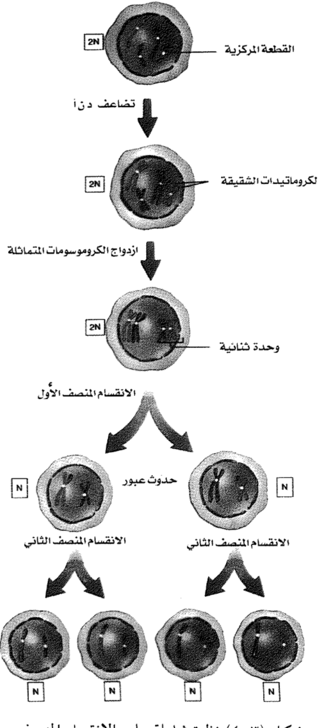
وهذه العملية تكون شكلا لتركيب وراثي جديد ضمن النوع ، وسببا آخر لإنتاج التراكيب الوراثية الجديدة يسمى العبور (crossing over) ، وهي عملية تبادل وراثي بين كروموسومين متماثلين خلال الانقسام المنصف .

٤-١- نظرة شاملة على الانقسام المنصف An Overview of Meiosis

نوضح ماذا يجب أن ينجز خلال الانقسام المنصف . وقبل أن نذكر خطوات هذا الانقسام بالترتيب ، نصف باختصار كيف تتحول الخلايا التي تحتوي العدد المضاعف من الكروموسومات إلى أمشاج الشكل (٣-٤) . ويختلف هذا الانقسام عن الانقسام المتساوي ، ففي الانقسام المتساوي يستقبل كل من الأب والأم فرداً من أي زوج من أزواج الكروموسومات التي تسلك تلقائيا خلال الانقسام ، أما في الانقسام المنصف فتزدوج الكروموسومات المتماثلة معاً .

ويدعى كل تركيب مزدوج مجموعة ثنائية (bivalent) ، بسبب تكون وحدة تدعى مجموعة رباعية (tetrad) ، وهذه تتكون من أربعة كروماتيدات ؛ وهذا يوضح مضاعفة عدد كلا الكروموسومين . وحتى نحصل على العدد النصفي من الكروموسومات ، يجب حدوث انقسامين . الانقسام الأول يوصف بأنه مختزل (reductional) ، فكل مجموعة رباعية تنفصل إلى مجموعتين ثنائيتين ، تحتوي كل منهما كروماتيدين شقيقين يرتبطان عند القطعة المركزية . وفي أثناء الانقسام الثاني ، الذي يوصف بأنه متساو (equational) ، تنفصل كل مجموعة ثنائية إلى وحدتين ، كل منهما عبارة عن كروموسوم .

وينتج عن هذين الانقسامين أربع خلايا تحتوي كل منها العدد النصفي للكروموسات .



شكل (٣-٤) نظرة شاملة على الانقسام المنصف

٤ -٢- الانقسام المنصف الأول The First Meiotic Division

تقع خلال الانقسام المنصف الأول ثلاثة أحداث مهمة هي :

١- تقترن الكروموسومات المتماثلة في أزواج ، وتترتب في مجموعات رباعية ، وهذا يدل على أن كل كروموسوم قد تضاعف .

٢- قد تتداخل أذرع الكروموسومات ضمن المجموعة الرباعية مكونة تقاطعات (chiasmata) . وهذا الشكل التداخلي يعتقد أنه نتيجة تبادل وراثي أو عبور يتم بين الكروموسومات المتماثلة .

٣- يتبع العبور انقسام المجموعات الرباعية إلى مجموعات ثنائية .

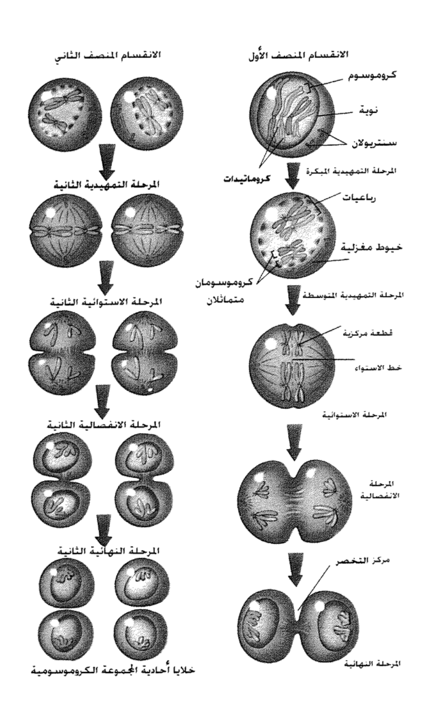
والآن نوضح المراحل الواقعية التي تؤدي إلى هذه الأحداث ، انظر الشكل (٣-٥) .

٤-٢-١- المرحلة التمهيدية الأولى Prophase I

كما في الانقسام المتساوي ، فإن تضاعف د ن أ يسبق الانقسام المنصف ، ومع أن نتائج النسخ (replication) لا ترى إلا في وقت متأخر من المرحلة التمهيدية الأولى التي تعتبر أطول مرحلة ، وتنقسم إلى خمسة أطوار : القلادي (leptonema) ، والتزواجي (zygonema) ، والضام (pachynema) ، والانفراجي (diplonema) ، والتشتتي (diakinesis) .

أ- القلادي Leptonema

خلال الطور القلادي (leptotene stage) ، تبدأ المادة الكروماتينية للمرحلة البينية بالتكثف ، ومع أن الكروموسومات لا تزال ممتدة ، إلا أنه يمكن رؤيتها . وتوجد على طول كل كروموسوم كروموميرات (chromomeres) متكاثفة ، ومشابهة لحبات خرز في خيط .



شكل (٣-٥) الانقسام المنصف

ب- التزاوجي Zygonema

تستمر الكروموسومات في الطور التزاوجي (zygotene stage) وتظهر الكروموسومات منجذبة إلى بعضها، وتبدأ بالاقتران في أزواج على شكل سحّاب . وعند نهاية الطور التزاوجي يختزل عدد الكروموسومات إلى النصف، وتسمى التراكيب المزدوجة بالمجموعات الثنائية (bivalents) .

ج- الضام Pachynema

يستمر في الطور الضام (pachytene stage) التفاف وقصر الكروموسومات . وخلال هذا الطور يتضاعف كل كروموسوم من الكروموسومات المقترنة، وهذا يعني أن كل كروموسوم يتكون من كروماتيدين شقيقين (two sister chromatids) متصلين عند قطعة مركزية واحدة، والتركيب الثنائي ميزة الطور الضام، وتسمى المجموعة الرباعية . وكل مجموعة رباعية تتكون من زوجين من الكروماتيدات الشقيقة . وعدد المجموعات الرباعية يساوي العدد النصفي للكروموسومات في النوع .

د- الانفراجي Diplonema

في أثناء الطور الانفراجي (diplotene stage)، تبدأ أزواج الكروماتيدات الشقيقة في كل مجموعة رباعية بالانفصال . وتظهر كأنها في مرحلة تنافر مع بعضها . وتبقى عادة في مساحات متداخلة معا، ويدعى كل منها تقاطعاً (chiasma) ، ويعتقد بأن هذا يحدث لإيجاد نقطة تلتف عندها الكروماتيدات غير الشقيقة حول بعضها، ويحدث تبادل تصالبي للمادة الوراثية، وهذا التبادل الطبيعي يدعى عبوراً .

يحدث العبور خلال الطور الضام السابق، لكنه يرى فقط عندما تنفصل أزواج الكروماتيدات الشقيقة . والعبور مصدر مهم للتنوع الوراثي يحدث خلال تكون الأمشاج . وتتم خلال هذه العملية تراكيب جديدة للمادة الوراثية، فيها إسهام مشترك من كلا الكروموسومين لزوج الكروموسومات المتماثلة .

هـ - التشتتي Diakinesis

تزداد الكروموسومات في القصر والتكثيف خلال هذا الطور من المرحلة التمهيدية الأولى للانقسام المنصف الأول ، وتلتف الكروموسومات على بعضها وتترتب على أطراف النواة تقريباً .

٤-٢-٢- المرحلة الاستوائية الأولى Metaphase

تصل الكروموسومات إلى أقصى حد من القصر والسمك . وتظهر التقاطعات الطرفية لكل مجموعة رباعية بوضوح ، وهي العامل الوحيد الذي يربط الكروموسومين غير الشقيقين . وتتحرك كل مجموعة رباعية من مكانها إلى خط استواء الخلية .

وخلال الانقسام الأول ، يرتبط كل زوج من الكروماتيدات الشقيقة معا بقطعة مركزية واحدة ، لا تنقسم .

٤-٢-٣- المرحلة الانفصالية الأولى Anaphase I

يسحب نصف كل مجموعة رباعية (زوج من الكروماتيدات الشقيقة) باتجاه كل قطب من قطبي الخلية المنقسمة . ونواتج الانفصال لهذه الكروموسومات المتماثلة هو اثنان من الأزواج ، وعند اكتمال المرحلة الانفصالية الأولى توجد سلسلة من الأزواج تساوي العدد النصفي للكروموسومات التي توجد عند كل قطب من قطبي الخلية . وإذا لم تحدث عمليات عبور في المرحلة التمهيدية الأولى ، فإن كل زوج من الكروموسومات في كل قطب يتكون من كروماتيدات الأم أو الأب . ويمنع العبور عادة حدوث هذا . وترتيب كل مجموعة رباعية يسبق المرحلة الانفصالية الأولى ويكون عشوائياً .

وتسحب نصف المجموعة الرباعية الأبوية إلى أحد قطبي الخلية عشوائياً ، ويسحب النصف الباقي من الأم إلى القطب الآخر . وهذا الانعزال العشوائي للأزواج هو الأساس لقانون مندل في التوزيع الحر (independent asortment) .

وتنتقل الخلايا مباشرة من المرحلة الانفصالية الأولى إلى الانقسام المنصف الثاني . وفي أي حالة فإن المرحلة النهائية الأولى في الانقسام المنصف أقصر منها في الانقسام المتساوي .

٤-٣- الانقسام المنصف الثاني The Second Meiotic Division

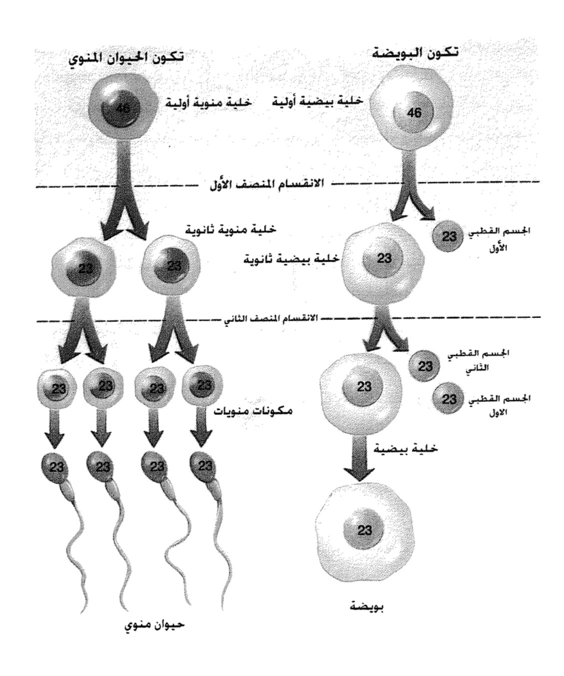
الانقسام المنصف الثاني للكروماتيدات الشقيقة ضروري للحصول على العدد النصفي من الكروموسومات . وخلال المرحلة التمهيدية الثانية فإن كل زوج عبارة عن كروماتيدين شقيقين مرتبطين بوساطة قطعة مركزية عادية . وخلال المرحلة الاستوائية الثانية ، تتجه القطع المركزية إلى خط استواء الخلية . وبعدها تنقسم كل قطعة مركزية ، وخلال المرحلة الانفصالية الثانية ، فإن الكروماتيدات الشقيقة لكل زوج تسحب إلى الأقطاب المتقابلة . وبهذا فإن عدد الأزواج يساوي العدد النصفي للكروموسومات ، وفي المرحلة النهائية الثانية فإن كروموسوماً من كل زوج من الكروموسومات يوجد عند كل قطب . وإذا حدث عبور فإن كل كروموسوم هو خليط من المعلومات الوراثية للأب والأم .

ونتيجة لهذا فإن النسل الناتج من أي مشيج سيستقبل منه خليط من المعلومات الوراثية أصلا موجودة في أجداده للأم والأب . ويتبع ذلك انقسام السيتوبلازم في *المرحلة النهاية الثانية ، وتنتج أربعة أمشاج بها العدد النصفي من الكروموسومات .*

٤ -٤- تكون الحيوان المنوي والبويضة Spermatogenesis and oogenesis

رغم أن الأحداث التي تحصل خلال الانقسامات المنصفة متشابهة في جميع الخلايا بما فيها تكون الأمشاج (gametogenesis) ، إلا أن هناك بعض الاختلافات بين إنتاج الحيوانات المنوية وإنتاج البويضات في معظم أنواع الحيوانات . والشكل (٣-٦) يوضح تكون الحيوان المنوي والبويضة في الإنسان .

تتكون الحيوانات المنوية في الخصيتين ، وتبدأ العملية بنمو خلايا جرثومية تحتوي العدد المضاعف من الكروموسومات ، تدعى الخلية الواحدة أم الحيوانات المنوية أو خلية منوية أصلية (spermatogonium) . وتزداد حجوم هذه الخلايا ثم تتمايز مكونة خلايا منوية أولية (primary spermatocytest) ، وتحتوي هذه الخلايا العدد المضاعف من الكروموسومات . وتنقسم الخلايا المنوية الأولية انقساماً منصفاً (الانقسام الأول) مكونة خلايا منوية ثانوية (secondary spermatocyes) ، تحتوي



شكل (٣-٦) تكون البويضة والحيوان المنوي في الإنسان

نصف العدد من أزواج الكروموسومات . وتخضع الخلايا المنوية الثانوية للانقسام المنصف الثاني ، وينتج عن كل خلية من هذه الخلايا خليتان منويتان (spermatides) تحتوي كل منها العدد النصفي من الكروموسومات . وينتج عن كل خلية منوية أولية أكملت الانقسام المنصف أربع منويات تحتوي العدد النصفي من الكروموسومات . وتمر هذه المنويات في سلسلة من التغيرات ، وتصبح ذات تخصص عال وتسمى حيوانات منوية (sperms) الشكل (٣-٦) . وتستقبل جميع خلايا الحيوانات المنوية كميات متساوية من المادة الوراثية والسيتوبلازم .

وتتكون البويضات في المبايض ، وهي أعضاء التناسل في الإناث ، والخلايا الوليدة التي تنتج من الانقسامين المنصفين الأول والثاني تستقبل كميات متساوية من المعلومات الوراثية ، لكن لا تستقبل كميات متساوية من السيتوبلازم .

وغالباً ما تأخذ البويضة الابتدائية (primary oocyte) جميع السيتوبلازم من خلية أم البويضة (oogonium) ، الشكل (٣-٦) . ويتكثف هذا السيتوبلازم في إحدى الخليتين الوليدتين ، وتكثف السيتوبلازم ضروري ، لأن عمل البويضة الناضجة هو تغذية الجنين النامي الذي يتبع الإخصاب .

وخلال المرحلة التمهيدية الأولى من الإنقسام المنصف في تكون البويضة تنسحب الكروموسومات بعيدا عن بعضها ، وعند ذلك ، تتحرك نقط التقاطع باتجاه النهاية مشكلة أطراف الكروموسومات في المجموعة الرباعية . وخلال هذا الطور ، يتحلل غلاف النواة وغلاف النوية ، وتلتصق القطع المركزية لكل مجموعة رباعية بالخيوط المغزلية التي تكونت سابقاً .

وفي عدد من الكائنات الحية ، يتكون الغشاء النووي حول الأزواج ، في المرحلة النهائية الأولى . ثم تدخل النواة مرحلة نهائية قصيرة . وفي حالات أخرى تنفصل المجموعات الرباعية للبويضة الابتدائية ، وتتحرك الأزواج إلى قطبي الخلية . وخلال المرحلة النهائية الأولى تحاط الأزواج الموجودة في أحد القطبين بكمية قليلة من السيتوبلازم مكونة الجسم القطبي الأول (first polar body) . والخلية الوليدة الثانية التي نتجت عن هذا الانقسام المنصف الأول تحتوي غالبية السيتوبلازم وتسمى

البويضة الثانوية (secondary oocyte) . والجسم القطبي الأول يمكن أن ينقسم ، أو لا ينقسم ثانية ، وتنتج عنه خليتان تحتوي كل منهما نصف العدد من الكروموسومات . وتنتج البويضة الناضجة من البويضة الثانوية خلال الانقسام المنصف الثاني . وخلال هذا الانقسام ، ينقسم سيتوبلازم البويضة الثانوية ثانية ولكن ليس بالتساوي ، منتجاً بيضة ناضجة ، (ootid) الجسم القطبي الثاني . (second poler body)

وعلى خلاف الانقسامات التي تكون الحيوان المنوي ، قد لا يكون الانقسامان المنصفان الأول والثاني متصلين . ففي أنواع الحيوانات يلي أحد الانقسامين الآخر مباشرة . وفي بعض الأنواع بما فيها الإنسان ، قد لا يكتمل الانقسام الثاني إلا بعد حين ، أي بعد النضج الجنسي ، مع أن الانقسام الأول يبدأ خلال نمو الجنين . ففي الإنسان مثلاً ، ينفصل الانقسامان بمدة ١٠-٥٥ سنة ، معتمدين على الوقت الذي يحدث فيه التبييض خلال حياة الأنثى .

٤ -٥- أهمية الانقسام المنصف The Significance of Meiosis

إن عملية الانقسام المنصف هي عملية حرجة للتكاثر الجنسي الناضج لجميع الكائنات الحية التي تحتوي العدد المضاعف الطبيعي من الكروموسومات .

والانقسام المنصف هو الآلية التي تختزل بها كمية المعلومات الوراثية إلى النصف . ويؤدي الانقسام المنصف إلى إنتاج الأمشاج في الحيوانات ، وتحتوي الأمشاج العدد النصفي من الكروموسومات .

ويحتوي كل كائن حي العدد المضاعف الطبيعي من الكروموسومات ، وتكون المعلومات الوراثية فيه على شكل أزواج متماثلة من الكروموسومات ، واحد من الأم والآخر من الأب . وينتج عن الانقسام المنصف ، خلايا تحتوي العدد النصفي من الكروموسومات الخليطة ، كروموسوم من الأم أو الأب من كل زوج من الكروموسومات المتماثلة ، وبذلك ينتج عن الانقسام المنصف تنوع في الوراثة . إضافة إلى أن العبور الذي يحدث في المرحلة التمهيدية الأولى من الانقسام المنصف ، يعيد تنظيم المعلومات الوراثية .

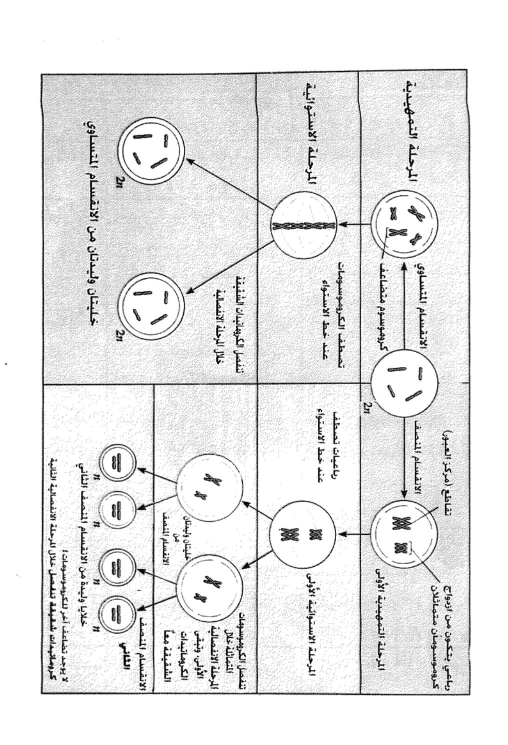
ويحدث العبور بين الكروموسوم الآتي من الأب والآخر الآتي من الأم في كل زوج من الكروموسومات المتماثلة ، وينتج كميات أكبر من التنوع الوراثي في الأمشاج .

وعليه فإن أهم نقطتين في الانقسام المنصف يتلخصان في العملية التي تؤدي إلى :

١- المحافظة على كمية ثابتة من المعلومات الوراثية بين الأجيال .

٢- تنوع وراثي واسع ينتج عن آلية توزيع المادة الوراثية .

والشكل (٣-٧) يعقد مقارنة بين الانقسامين المتساوي والمنصف .



شكل (٣-٧) مقارنة بين الانقسامين المتساوي والمنصف.

تابع شكل (٣-٧) مقارنة بين الانقسامين المتساوي والمنصف .

الحدث	الانقسام المتساوي	الانقسام المنصف
تضاعف د ن أ	يحدث خلال المرحلة البينية قبل أن تبدأ النواة بالانقسام .	يحدث خلال المرحلة البينية قبل أن تبدأ النواة بالانقسام .
عدد الانقسامات	واحد ، يتكون من المراحل : التمهيدية ، والاستوائية ، والانفصالية ، والنهائية .	اثنان يتكون كل منهما من المراحل : التمهيدية ، والاستوائية ، والانفصالية ، والنهائية ، ولا يحدث تضاعف د ن أ بين انقسامي النواة ؛ والحدث الفريد للانقسام المنصف أنه في الانقسام المنصف الأول ، تتشابك الكروموسومات المتماثلة مكونة رباعيات (مجموعات من أربع كروموسومات) .
عدد الخلايا الوليدة والمكونات الوراثية	اثنتان تحتوي كل منهما مجموعة ثنائية من الكروموسومات (2n) ، وهي مماثلة وراثياً للخلية الأم .	أربعة ، تحتوي كل منها مجموعة أحادية من الكروموسومات(1n) ، وهي غير مماثلة وراثياً للخلية الأم .
الأهمية لجسم الحيوان	نمو الحيوان عديد الخلايا من اللاقحة ؛ إنتاج الخلايا من أجل النمو وإصلاح الخلايا التالفة .	إنتاج الأمشاج ، واختزال عدد الكروموسومات إلى النصف ، ويسبب تنوعاً وراثياً في الأمشاج .

٥٠ الخلاصة

١- الانقسامان المتساوي والمنصف ضروريان لانتقال المعلومات الوراثية من خلايا أو كائنات حية إلى ذريتها .

٢- الانقسام المتساوي هو شكل من أشكال انقسام الخلية ، تتضاعف ، فيه المكونات الوراثية مسبقاً ، وتنقسم بالتساوي بين خليتين وليدتين ، والنتيجة عادة ، هوانقسام خلية بها العدد المضاعف من الكروموسومات إلى خليتين وليدتين .

٣- يعمل الانقسام المنصف على اختزال العدد المضاعف للكروموسومات إلى العدد النصفي . مثل هذا الانقسام يجب أن يكون دقيقاً ؛ لذلك لا تُضاعف الكائنات الحية كمية المادة الوراثية بعد التكاثر الجنسي .

٤- مكونات السيتوبلازم ، التي يجب أن تنقسم في أثناء انقسام الخلية ، تتضمن الغشاء الخلوي ، والنوية ، والشبكة الاندوبلازمية ، والرايبوسومات ، والأجسام الفتيلية ، والحبيبتين المركزيتين ، والتركيبان الأخيران يستخدمان مباشرة في تنظيم الأنابيب الدقيقة إلى خيوط مغزلية في أثناء الانقسامين المتساوي والمنصف ، وتستخدم هذه الخيوط المغزلية في تحريك الكروموسومات إلى القطبين المتقابلين في أثناء الانقسامين المتساوي والمنصف .

٥- لنفهم الانقسامين المتساوي والمنصف ، يجب أن نفهم مبدأ الكروموسومات المتماثلة .

٦- تأتي أزواج الكروموسومات المتماثلة من الأم والأب ، وفيما عدا الكروموسومات الجنسية ، فإن كل زوج منها له نفس : الحجم ، وموقع الحبيبة المركزية ، ونسبة الذراع ، وكمية المعلومات الوراثية .

٧- تستقبل الخليتان الوليدتان بعد الانقسام المتساوي فردا من كل زوج من أزواج الكروموسومات لكل من الأم والأب .

٨- في أثناء الانقسام المنصف ، تستقبل الخلايا الوليدة فقط نسخة واحدة من كل زوج من أزواج الكروموسومات المتماثلة ، إما من الأم أو من الأب ، وعليه فإنها تختزل بدقة العدد المضاعف للكروموسومات إلى العدد النصفي .

٩- الانقسام المتساوي هو مجرد جزء من دورة الخلية الشاملة في أثناء المرحلة البينية - مرحلة اللاإنقسام - يتضاعف د ن أ في كل كروموسوم . وهذا الجزء من المرحلة البينية يسمى مرحلة النمو وتضاعف د ن أ (S) .

١٠- تمر دورة الخلية بالمراحل الآتية على التوالي : مرحلة النمو الأولى (G1) ، يليها مرحلة تضاعف (تصنيع) د ن أ (S)، ثم مرحلة النمو الثانية (G2) .

١١- أثبتت الدراسات أن الخطوة الحرجة في تنظيم انقسام الخلية ، تحدث قبل مرحلة النمو وتضاعف د ن أ .

١٢- يشمل الانقسام المتساوي أربع مراحل متميزة هي : المرحلة التمهيدية ، والمرحلة الاستوائية ، والمرحلة الانفصالية ، والمرحلة النهائية .

١٣- تتميز المرحلة التمهيدية بتكثف والتفاف المادة الكروماتينية إلى تراكيب كروموسومية واضحة ، والتلاشي التدريجي للنوية وغلاف النواة ، وانقسام زوج الحبيبتين المركزيتين اللذين تبدأ حركتهما إلى قطبي الخلية المتقابلين .

١٤- في المرحلة الاستوائية ، ترتبط الكروموسومات بالقطع المركزية ، وتترتب على طول الخط الوسطي للخلية .

١٥- في المرحلة الانفصالية ، تسحب الخيوط المركزية ، القطع المركزية للكروماتيدات الشقيقة إلى قطبي الخلية .

١٦- المرحلة النهائية عكس المرحلة التمهيدية ، وتوصف بأنها انقسام سيتوبلازمي . ففي الانقسام المتساوي في الخلية الحيوانية ، ينقسم السيتوبلازم إإلى خليتين .

١٧- في الانقسام المنصف ، يتشابك زوج الكروموسومات المتماثلة ، عندها فإن كل فرد يكون قد تضاعف سابقا ، وتتصف المرحلة التمهيدية الأولى للانقسام المنصف بوجود عدد مضاعف للتراكيب الرباعية ، كل منها تتكون من زوجين من الكروماتيدات الشقيقة .

١٨- ضرورة وجود انقسامين لإنتاج خلايا بها العدد النصفي من الكروموسومات .

١٩- في أثناء المرحلة التمهيدية الأولى في الانقسام المتساوي ، يتبادل الكروموسومان الشقيقان أجزاء في عملية العبور ، وسبب هذه العملية هي التقاطعات التي تحدث بين الكروموسومان الشقيقان .

٢٠- في نهاية الانقسام المنصف ، تحتوي نواتج الانقسام نصف محتوى المادة الوراثية .

٢١- انقسام السيتوبلازم عادة متساو عند تكوين الحيوانات المنوية ، لكنه غير متساوٍ عند تكوين البويضات ، ويعمل التوزيع غير المتساوِ على حفظ معظم السيتوبلازم في بيضة واحدة ويؤدي إلى إنتاج أجسام قطبية .

٢٢- الانقسام المنصف يحفظ عدد الكروموسومات ثابتا من جيل إلى جيل عندما تتكاثر الكائنات الحية جنسياً ، ويخلق تنوعاً وراثياً واسعاً في أفراد النوع الواحد .

٢٣- يتم التنوع الوراثي في أثناء إعادة توزيع الكروموسومات المتماثلة من الأم والأب وفي أثناء عملية العبور .

٦٠ أسئلة للتقويم الذاتي

١- افترض عدم وجود انقسام منصف ، وأن الكائنات الحية تنتج من إخصاب خليتين جسديتين بكروموسومات غير مختزلة . فإذا احتوى كائن حي ٨ كروموسومات ، كم كروموسوماً تحتوي سلالاتهم بعد ٥ ، ١٠ ، ١٠٠ جيل .

٢- عدد الكروموسومات في الإنسان الطبيعي ٤٦ ، كم كروموسوماً يوجد في كل من :

أ- خلية منوية .

ب- حيوان منوي .

ج- بويضة .

د- جسم قطبي .

٣- أين يحدث تنوع وراثي أكثر ، في نسل الكائنات الحية التي تتكاثر لا جنسيا ، أم في الكائنات الحية التي تتكاثر جنسياً؟ ولماذا؟

٧. أسئلة للمراجعة

١- ما الفترة من دورة الخلية التي يتم فيها نسخ ومضاعفة المادة الوراثية في الخلية؟

٢- تتبع دورة خلية إنسان منذ بداية تكوينها وحتى يتم انقسامها انقساماً متساوياً إلى خليتين متماثلتين ذاكراً المراحل التي تمر فيها ، وأهم الأحداث في كل مرحلة .

٣- ماذا يحدث لو لم تحصل عملية عبور ما بين فردي كل زوج من الكروموسومات المتماثلة؟

٤- قارن بين الانقسامين المتساوي والمنصف من حيث :

تضاعف د ن أ ، عدد الانقسامات ، عدد الخلايا الوليدة والمكونات الوراثية ، والأهمية لجسم الإنسان .



الأنسجة الحيوانية

Animal Tissues

المحتويات

٢-٦- نسيج ضام غضروفي

٢-٦-١- النسيج الغضروفي الشفاف

٢-٦-٢- النسيج الغضروفي المرن

٢-٦-٣- النسيج الغضروفي الليفي

٢-٦-٤- النسيج الغضروفي المتكلس

٢-٧- نسيج ضام عظمي

٢-٨- الدم (نسيج ضام وعائي)

٠٣ الأنسجة العضلية

٠٤ الأنسجة العصبية

٠٥ الخلاصة

٠٦ أسئلة للتقويم الذاتي

٠٧ أسئلة للمراجعة

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن :

٠١ تقارن بين مجموعات الأنسجة الحيوانية الرئيسة الأربع الطلائية والضامة والعضلية والعصبية ، وتميز بين الوظائف الخاصة بكل مجموعة .

٠٢ تقارن بين الأنواع الرئيسة للنسيج الطلائي ، وتحدد مكان كل نوع في الجسم .

٠٣ تقارن بين المجموعات الأربع الرئيسة للنسيج الضام وتعدد وظائف كل مجموعة .

٠٤ تقارن بين الأنواع الثلاثة للأنسجة العضلية ووظائفها .

٠٥ تذكر وظائف النسيج العصبي ، وتميز بين العصبونات وخلايا الغراء .

تتكون أجسام الحيوانات المعقدة -بما فيها الإنسان- من ملايين الخلايا . ويأتي مع تعدد الخلايا تخصصها . في الكائن الحي وحيد الخلية مثل البكتيريا ، أو الأميبا ، يجب على هذه الخلية المفردة أن تقوم بجميع الأنشطة اللازمة لحياة الكائن الحي . أما الكائن الحي عديد الخلايا ، فيستطيع أن يحدد المهام الدقيقة للخلايا المختلفة إذا تخصصت مجموعات من الخلايا لنقل المواد ، بينما تنقبض خلايا أخرى ؛ لتساعد الكائن الحي على الحركة .

كيف تتحدد هذه الخلايا وتنجز مثل هذه الأعمال المتخصصة؟ لتجيب عن هذا السؤال ، عليك أن تدرس الأنسجة .

النسيج : مجموعة خلايا متشابهة في التركيب ، تقوم بنفس الوظائف ، وتتماسك معا بمادة خلالية (martix) .

وتصنف الأنسجة الحيوانية إلى أربع مجموعات رئيسة : طلائية وضامة وعضلية وعصبية ، ويتكون كل نوع من هذه الأنسجة من خلايا لها صفات مميزة في الحجم والشكل والتركيب والوظيفة .

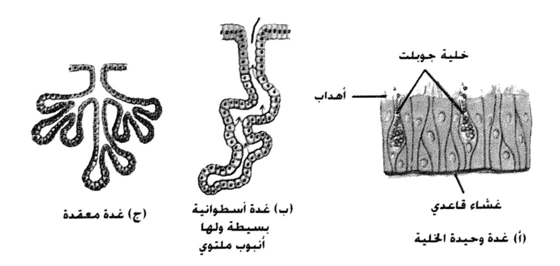
١- الأنسجة الطلائية Epithetial Tissues or Epithelium

يتكون النسيج الطلائي من خلايا متراصة بجانب بعضها ، وترتبط معاً بقوة ، وتمتاز بقلة مادتها الخلالية . ويتكون النسيج الطلائي إما من طبقة واحدة أو عدة طبقات من الخلايا . وفي كل الحالات فإن له سطح حر ، والسطح الآخر يرتكز على غشاء رقيق يسمى الغشاء القاعدي (basement membrane) اللاخلوي ، سمكه نحو ٥٠٠ أنجستروم ، ويتكون من خيوط دقيقة ومادة عديدة التسكر غير حية تنتجها الخلايا الطلائية ، ويعمل هذا الغشاء على فصل النسيج الطلائي عن الأنسجة الواقعة أسفله . وتكوّن خلايا النسيج طبقة مستمرة ، أو غطاء من الخلايا تغطي سطح الجسم ، أو تبطن التجاويف الداخلية للجسم مثل القناة الهضمية ، والقناة التنفسية ، وأنيبيبات الكلية . ويفتقر النسيج الطلائي إلى الأوعية الدموية ، فيحصل على الغذاء والأكسجين من السائل الليمفي الموجود في الأنسجة الواقعه أسفله ، كما يخلو

النسيج الطلائي من الأعصاب ، وقد يأتي بعضها من الأنسجة الأخرى مخترقة الغشاء القاعدي .

وتتلخص وظائف الأنسجة الطلائية في : الحماية (protection) ، أو الامتصاص (absorption) ، أو الإفراز (secretion) ، أو الإحساس (sensation) .

وتحمي طبقة الجلد الطلائية الجسم من التأثيرات البيئية الضارة بالصحة ، متضمنة الكيميائيات الضارة والبكتيريا وفقدان السوائل . ويمتص النسيج الطلائي المبطن لقناة الهضم الماء والمواد الغذائية إلى داخل الجسم . إذ تنتظم خلايا طلائية في غدد تكيفت لإفراز نواتج الخلية ، مثل الغدد اللعابية ، وغدة البنكرياس التي تفرز الإنزيمات ، والغدد الصماء التي تفرز الهرمونات ، والغدد الدهنية التي تفرز الدهن شكل (٤-١) .



شكل (٤-١) غدة تتكون من خلية طلائية أو أكثر (أ) خلايا جوبلت ، وهي غدة وحيدة الخلية تفرز مخاطاً ، (ب) غدد عرقية ، وهي أسطوانية بسيطة ، لها أنابيب ملتوية (ج) غدد لعابية نكفية ، وهي غدد معقدة .

ويحتوي النسيج الطلائي المبطن لتجاويف وممرات الجسم خلايا متخصصة بإفراز المخاط تدعى خلايا كأسية (goblet cells) . يزيت المخاط هذه السطوح ويسهل حركة المواد .

وكل شيء يدخل الجسم أو يخزن فيه يمر خلال طبقة أو أكثر من النسيج الطلائي . فالطعام الذي تتناوله في الفم وتبلعه هو في الحقيقة ليس داخل الجسم ، ويحدث هذا فقط عندما يمتص النسيج الطلائي المبطن للقناة الهضمية المادة خلاله وتدخل الدم . وتنظم نفاذية الأنسجة الطلائية تبادل المواد بين مختلف أجزاء الجسم ، وبين الكائن الحي والبيئة الخارجية .

وتتعرض الأغشية الطلائية لتمزق مستمر ، فعندما تنسلخ الخلايا الخارجية يجب أن يحل محلها خلايا جديدة من الأسفل . ولهذا فإن هذه الخلايا لها معدل انقسام عالٍ حتى يتم إنتاج خلايا جديدة باستمرار ؛ لتحل محل تلك الخلايا التالفة .

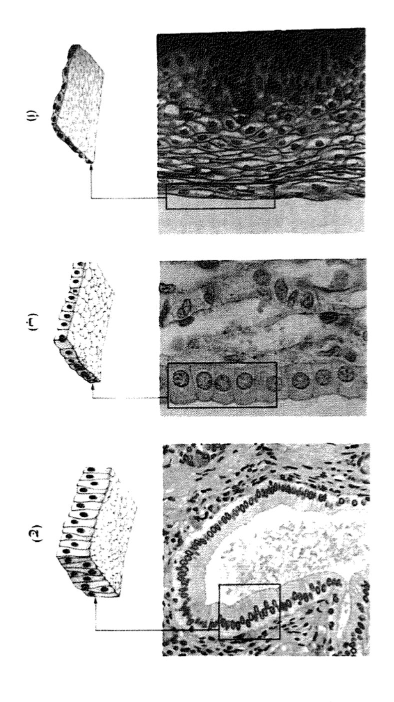
١-١- أنواع الخلايا الطلائية على أساس أشكالها

يمكن تمييز ثلاثة أنواع من الخلايا الطلائية شكل (٤-٢) :

١-١-١- **خلايا حرشفية طلائية** (squamous epithelial cells) ، رقيقة مسطحة تشبه الأقراص (pancakes) ، أو أحجار رصف الشوارع (falgstone) .

١-١-٢- **خلايا مكعبة طلائية** (cuboidal epithelial cells) ، تشكل أسطوانات صغيرة ، تبدو من منظر جانبي مكعبة الشكل ، وكل خلية لها شكل معقد ، وعادة تكون ثمانية الجوانب متعددة السطوح .

١-١-٣- **خلايا عمودية طلائية** (columnar epethelial cells) ، تشبه أعمدة رفيعة ، أو أسطوانات عند النظر إليها من الجانب . وتوجد النواة قرب قاعدة الخلية ، ويمكن أن تكون للخلايا العمودية الطلائية أهداب على سطحها الحر ، تضرب في طريقة متناسقة ، محركة المواد في اتجاه واحد . ومعظم قناة التنفس مبطنة بنسيج طلائي مهدب (ciliated epithelium) . وتعمل ضربات الأهداب على تحريك جزيئات الغبار والمواد الغريبة الأخرى بعيدا عن الرئتين .



شكل (٤-٢) أشكال الخلايا الرئيسة في النسيج الطلائي (أ) حرشفية
(ب) مكعبة (ج) عمودية

١-٢- أنواع النسيج الطلائي

يمكن أن يكون النسيج الطلائي بسيطا (simple) أي يتكون من طبقة واحدة من الخلايا ، أو طبقيا (stratified) ، يتكون من طبقتين ، أو أكثر من الخلايا . (انظر جدول ٤-١) .

١-٢-١- النسيج الطلائي البسيط Simple epithelium

يوجد النسيج الطلائي البسيط عادة في المناطق التي تنفذ المواد خلال النسيج ، أو تفرز ها(secreted) ، أو تخرجها (excreted) ، أو تمتصها (absorbed) .

١-٢-٢- النسيج الطلائي الطبقي Stratified epithelium

يوجد النسيج الطلائي الطبقي في المناطق التي تتركز وظيفتها الأساسية في الحماية ، مثل حماية الجلد ، وبطانة الفم والمريء .

وهو خشن غير منفذ ، يؤلف بشرة الجلد حيث تكون وظيفتها الأساسية الحماية . ويعود سبب تعدد طبقات هذا النسيج إلى وجود الطبقة المولدة التي تساعد على الانقسام باستمرار على طول الخط الموازي للغشاء القاعدي في قاعدة الخلايا ، وبذلك تندفع الخلايا تدريجيا خارجا كخلايا جديدة تكونت في أسفلها . وتصبح مسطحة حركتها خارجية ، وأخيرا تنفصل ؛ ليحل محلها خلايا جديدة في أسفلها . وفي الجلد ، تحولت الخلايا السطحية إلى طبقة قرنية (keratin) خشنة غير حية . وهذه الميزة تعزز فعاليتها كغطاء وقائي .

١-٢-٣- النسيج الطلائي الطبقي الكاذب Psudostratified epithelium

وسمي هكذا ؛ لأن خلاياه تظهر وكأنها طبقية ، وترتكز جميع هذه الخلايا على الغشاء القاعدي ، وهي ليست طويلة بصورة كافية ؛ لتصل إلى السطح الحر للنسيج . وهذا يمكن أن يعطي التعبير الكاذب بوجود طبقتين ، أو أكثر من الخلايا ، وهذه تشكل بطانات تجاويف الجسم ، وتجاويف الأوعية الدموية والليمفاوية ومشتقات الطبقة المتوسطة (mesenchyema) .

ويعطي النسيج الجنيني أنسجة ضامة أكثر مما يعطي طبقات طلائية جرثومية . وعلى كل حال ، فإنها تعتبر في كل المقاييس خلايا طلائية أنموذجية . ولتمييزها عن الخلايا الطلائية الحقيقية ، فقد اصطلح على تسمية بطانات الأوعية الدموية والليمفاوية بالغشاء المبطن للأوعية الدموية (endothelium) .

أ- نسيج طبقي طلائي انتقالي Transitianal Stratfied Epithelium

للنسيج الطلائي الطبقي شكل متحور خلايا طبقته السطحية محدبة وكبيرة الحجم ، أما خلايا الطبقات الوسطى منه فهي كمثرية الشكل ، أصغر من خلايا الطبقة السطحية . وهو يبطن تجاويف وأنابيب مطاطية مثل المثانة البولية ، ويتكون من عدة طبقات من الخلايا ، وجميع الخلايا لهما نفس الحجم وهي غير مسطحة ، وتستطيع تغيير شكلها حسب حالة العضو الذي تكونه ، ففي النسيج الطلائي الانتقالي المبطن للمثانة البولية ، تتكور الخلايا وتنثني إلى الداخل عند انقباضها ؛ لتسهم في إخراج البول .

وطبقة الخلايا المتخصصة في استقبال المؤثرات تسمى نسيجا طلائيا حسيا . (sensory epithelium)

ويكون النسيج الطلائي الشمي (olfactory epithelium) بطانة الأنف ، ويحتوي على خلايا عصبية مسؤولة عن حاسة الشم ، تستجيب لوجود كيميائيات معينة في هواء الشهيق .

جدول (٤-١) الأنواع الرئيسة للأنسجة الطلائية ومواقعها في الجسم ووظائفها

نوع النسيج	المواقع الرئيسة	الوظائف	الوصف
نسيج طلائي حرشفي بسيط . أنوية	الحويصلات الهوائية في الرئة وبطانة الأوعية الدموية .	مرور المواد ، حيث يحتاج حماية قليلة أو لا يحتاجها ، والانتشار هو الشكل الرئيس في النقل .	الخلايا مسطحة ومرتبة في طبقة واحدة .
نسيج طلائي مكعب بسيط . بطانة الأنبيب أنوية خلايا نسيج طلائي مكعب	بطانة أنيبيبات الكلية ، قنوات الغدة .	إفراز وامتصاص .	طبقة واحدة من الخلايا ، ومن الجانب ؛ تظهر كل خلية كأسطوانة صغيرة أحيانا لها خملات للامتصاص .
نسيج طلائى عمودي بسيط . خلية جوبلن أنوية الخلايا العمادية	بطانة معظم قناة الهضم ، والجزء العلوي من قناة التنفس .	إفراز وبخاصة مخاط وامتصاص وحماية وحركة طبقة مخاطية .	توجد طبقة واحدة من خلايا عمودية ، نواة عند قاعدة كل خلية عادة في صف ، وأحيانا في حويصلات إفرازية مغلقة ، وخلايا جوبلت ، وجهاز جولجي

تابع جدول ٤-١

نسـيج طلائي حرشفي طبقي	جلد وبطانة الفم وبطانة المهبل .	حماية فقط وامتصاص قليل أو غير موجود ، أو مـــرور المواد وتنسلخ الطبقة الخارجة ويحل مـحلها طبـقـة من الأسفل .	نامٍ ، والأهداب . عـدّة طبـقـات من الخـلايا ، فـقط الطبــقــات السـفلى عـمودية ولهـا نشـاط أيضي . يسبب انقسام الخلايا السفلية دفع الخـلايا الكبـيـرة عـاليـا باتجاه السطح .
نسـيج طلائي طبقي كاذب .	بـعـض ممـرات الـتـنـفـس ، وقنوات لعـــدة غـدد ، وأحيـانا مهدبة .	إفــراز ، وحــمــاية ، وحركة المخاط .	ومـشـابه للنسـيج الطلائي العـمودي ، ما عدا أن جميع الخـلايا ليـست على نفس الارتفــاع . مع أن جـــمــيع الخـلايا ترتكز على الغـشـاء القـاعدي ؛ لذا تظهر الخـلايا طبقية . والأنوية ليست على خط واحد .

٠٢ الأنسجة الضامة Connective Tissues

الوظيفة الرئيسة للأنسجة الضامة : هي ربط الأنسجة الأخرى معا . وهي تدعم الأنسجة التي تربط الجسم وتراكيبه ، لذلك تسمى أحيانا أنسجة مدعمة (supporting tissues) وتحمي الأعضاء الداخلية ، فغالبا ما يكون لكل عضو في الجسم شبكة داعمة من نسيج ضام يدعى اللحمة (ستروما) (stroma) .

ويتكون النسيج الضام من مادة خلالية (أو مادة أرضية (ground substance) يمكن أن تنغمر فيها تراكيب متنوعة . وتتكون المادة الخلالية من مادة جيلاتينية عديدة التسكر ، ويمكن أن تكون المادة الخلالية سائلة ، أو هلامية ، أو صلبة ، ووظيفتها نقل المواد بين خلايا النسيج .

والألياف ثلاثة أنواع : كولاجين (collagen) ، وألياف بروتينية بيضاء غير متفرعة وغير قابلة للتمدد . وألياف صفراء مرنة (elastic) متفرعة تتكون من بروتين الإلاستين (elestin) . وألياف شبكية (reticular) تتكون من الكولاجين ومواد كربوهيدراتية .

وتركيب ووظيفة المادة الخلالية هو الذي يحدد طبيعة ووظيفة كل نوع من أنواع النسيج الضام .

يحتوي النسيج الضام عدة أنواع من الخلايا : خلايا ليفية (fibroblasts) كبيرة ومسطحة ، تنتج البروتين والكربوهيدرات وكذلك الألياف . وتحرر الخلايا الليفية مكونات بروتينية خاصة ترتب نفسها ؛ لتكون الخيوط المميزة .

والخلايا الليفية نشطة بصورة خاصة في نمو النسيج والتئام الجروح . وهي خلايا غير متمايزة (غير متخصصة) ، توجد على طول الجدران الخارجية للشعيرات الدموية التي تتحرك عبر النسيج الضام . ويعتقد أن هذه الخلايا تتحول إلى نوع آخر من الخلايا عند الحاجة . مثلا ، عندما يحدث جرح ، فإن هذه الخلايا تتضاعف وتنمو بحيث تتحول إلى خلايا ليفية تستطيع أن تنتج المكونات التي يحتاجها الجرح ليلتئم .

وتتجول الخلايا الأكول الكبيرة(macrophages) ذات الشكل الأميبي ، خلايا الجسم الكاسحة ، في الأنسجة ، وتنظف حطام الخلية ، وتلتهم المادة الغريبة متضمنة البكتيريا .

وتكوّن الخلايا الصارية (mast cells) البيضاوية الشكل ، مادة الهيبارين التي تمنع تجلط الدم ، وتكون مادة الهستامين التي توسع الأوعية الدموية ، والسيروتانين التي تقلص الأوعية الدموية ، ويحتوي سيتوبلازم هذه الخلايا حبيبات خاصة محبة للأصباغ القاعدية ، في حين تزود الخلايا الدهنية (adipose "fat" cells) ، ذات الشكل الكروي النسيج بمادة واقية من الصدمات . أما خلايا البلازما (plasma cells) فهي تنتج أجساما مضادة .

وتوجد عدة أنواع من الأنسجة الضامة وعدة أنظمة لتصنيفها ، وفيما يأتي بعض الأنواع الرئيسة للأنسجة الضامة جدول (٤-٢) .

٢-١- نسيج ضام فجوي (مفكك) Areolar "Loose" Connective Tissue

يوجد في جميع أجزاء الجسم ، ويربط الأعضاء معاً ، ويملأ الفراغات بين الأنسجة المتجاورة ، ويعمل كمخزن للسوائل والأملاح . مغلفاً كلا من : الأعصاب ، والأوعية الدموية ، والعضلات . ويكون هذا النسيج مع النسيج الدهني الطبقة تحت الجلدية ، التي تربط الجلد مع العضلات والتراكيب السفلية الأخرى . ويتكون النسيج الضام الفجوي من مادة خلالية شبه سائلة ، ومرونته تسمح للأجزاء التي يربطها أن تتحرك .

ويحتوي هذا النسيج أربعة أنواع من الخلايا ونوعين من الألياف ، والخلايا هي : ليفية ، وصارية ، وأكول كبيرة ، ودهنية ، وأما الألياف فهي الكولاجين ، والإلاستين . وتبرز أهمية الألياف في أنها تكسب النسيج المرونة وقوة تحمل الشد والضغط .

جدول (٤-٢)

الأنسجة الضامة

نوع النسيج	المواقع الرئيسة	الوظائف	الوصف
نسيج رابط مفكك (فجوي) . ألياف كولاجينية أنوية خلايا ليفية	في كل مكان يجب أن يقترن الدعم بالمرونة ، مثال ؛ طبقة تحت جلدية .	دعم ، وخزان للسائل والأملاح .	خيوط أنتجتها خلايا ليفية مغمورة في مادة خلالية نصف سائلة ، مع خلايا متنوعة أخرى .
نسيج رابط كثيف .	أوتار ، وروابط قوية بين الأعضاء ، وأدمة الجلد .	دعم ، ونقل القوى الآلية .	حزم من خيوط كولاجينية ، متحركة داخليا ، متداخلة على شكل أصابع مع صفوف من خلايا ليفية .
نسيج رابط مرن .	تراكيب يجب أن تتمدد وتعود إلى حجمها الأصلي ، مثل : نسيج الرئة ، والشرايين الكبيرة ، والروابط .	يمنح المرونة .	خيوط مرنة متفرعة تتداخل مع خلايا ليفية .
نسيج رابط شبكي .	شبكة الكبد ، عقد ليمفاوية ، الطحال .	دعم .	تتكون من خيوط شبكية متحابكة (متضافرة)

تابع جدول (٤-٢)

نسيج دهني .	طبقات تحت جلدية ، وسائد حول أعضاء داخلية معينة .	خزن الطعام ، وعزل ، ودعم بعض الأعضاء مثل : الغدد اللبنية والكليتين .	شكل الخلايا الدهنية نجمي في البداية ، تتجمع بقع الدهن حتى تنتج خلايا حلقية الشكل .
نسيج غضروفي .	هيكل داعم لسمك القرش وفقاريات أخرى ، يّكون نهايات العظام في الفقاريات الأخرى ، ويدعم حلقات في جدران بعض أنابيب التنفس ، وفتحة الأنف ، والأذن الخارجية .	داعم مرن ، ويقلل الاحتكاك على سطوح الارتكاز .	تنفصل الخلايا الغضروفية عن بعضها بمادة خلالية غضروفية ، تشغل حيزا قليلا منه .
نسيج عظمي .	يكون تركيبا هيكليا في معظم الفقاريات .	دعم ، وحماية الأعضاء الداخلية ، وخزن الكالسيوم ، وترتبط العضلات الهيكلية مع العظام .	توجد الخلايا العظمية في محافظ ، في العظم الكثيف تترتب المحافظ في دوائر مركزية حول قنوات هاڤرس .
دم (نسيج ضام وعائي) .	في القلب والأوعية الدموية للجهاز الدوري .	ينقل الأكسجين ، والمواد الغذائية والفضلات ومواد أخرى .	يتكون من خلايا منتشرة في مواد بين خلوية سائلة .

٢-٢-نسيج ضام كولاجيني (كثيف) Collagen "Dense" Connective Tissue

تسود فيه ألياف الكولاجين البيضاء ، حيث تترتب الألياف في حزم تنتشر في جميع الاتجاهات خلال النسيج . وتتكون مادته الخلالية شبه السائلة من الجلايكوبروتين . وهو نسيج غير مرن نسبيا ، له قوة شد عظيمة ، وهو مقاوم للضغط . ويوجد في الطبقة السفلى من الجلد (الأدمة) ويكون الأوتار التي تربط العضلات مع العظام .

٢-٣-نسيج ضام مرن Elastic Connevctive Tissue

يتكون بشكل رئيس من حزم من ألياف متوازية صفراء مرنة (الإلاستين) ، ومادته الخلالية شبه سائلة تتكون من الجلايكوبروتين . ويوجد هذا النسيج في الروابط ، أربطة النسيج الذي يصل العظام بعضها ببعض ، وفي القصيبات الهوائية ، وفي التراكيب التي يجب أن تمتد ، وتعود إلى حجمها الأصلي ، مثل جدران الشرايين الكبيرة ، ونسيج الرئة .

٢-٤-نسيج ضام شبكي Reticular Connective Tissue

يتكون هذا النسيج بصورة رئيسة من ألياف شبكية متحابكة (interlacing) ، حيث تكون لحمة داعمة (supporting stroma) في عدد من الأعضاء متضمنة الكبد والطحال والعقد الليمفاوية .

٢-٥- نسيج ضام دهني Adipose Connective Tissue

لا تحتوي المادة الخلالية سوى خلايا دهنية ، تخزن الدهن في سيتوبلازمها ، وتحرره عند الحاجة إلى طاقة للتنفس الخلوي . والنسيج الدهني في بشرة الجلد يحمي الجسم من فقدان الحرارة . ويوجد في الطبقة تحت الجلدية وفي الأنسجة التي تعمل عمل الوسائد للأعضاء الداخلية مثل الكلية .

وتجدر الإشارة هنا إلى أن ألياف الكولاجين وألياف الإلاستين هي مشتقات خلايا غير حية ، فكلاهما خيوط بروتينية . وتعزى أهميتهما إلى فائدتهما التي ظهرت في السنوات الأخيرة . حيث أظهر تحليل الأشعة السينية لألياف الكولاجين ، أنها تتكون من ثلاث سلاسل عديدة الببتيد ، تلتف حول بعضها ؛ لتكون لولبا ثلاثيا .

وترتبط هذه السلاسل بروابط حلقية بوساطة روابط هيدروجينية ، والتركيب العام لهذه الألياف خشن وغير مطاط (inextensible) ، ويشبه الحبل المجدول . والإلاستين بروتين يشكل المادة الأساسية للألياف المرنة ، ويتكون من كرات داخلية تترتب فيها سلاسل عديد الببتيد عشوائياً معطية تركيبا أكثر مرونة .

والأنسجة الضامة خليط من الألياف بنسب مختلفة . وترجع قدرتها في ربط التراكيب معا إلى الشكل الجزيئي (molecular configuration) لجزيء البروتين المكون للألياف ، ويعتمد وضع الألياف على الضغط والشد (stress and strain) اللذين يتعرض لهما النسيج .

٢-٦- نسيج ضام غضروفي Cartilage Connective Tissue

نسيج قوي مع بعض المرونة ، يوجد في كثير من الأحيان متصلا بعظام الهيكل الداخلي . وهو الهيكل الداعم في جميع المراحل الجنينية لجميع الفقاريات . ومن الأمثلة على التراكيب التي تتكون من الغضروف : التركيب الداعم للأذن الخارجية ، والحلقات الداعمة لجدران ممرات التنفس ، وقمة الأنف في الإنسان . والغضروف عادة مرن ، وأقل صلابة من العظم بسبب قلة أملاح الكالسيوم فيه ، وهو يتكون من مادة خلالية عضوية شبه سائلة مكونة من مادة بروتينية وكربوهيدراتية تسمى كوندروميوكوبروتين (chondromucoprotein) ، وتنغمر فيها خلايا كروية غضروفية (chondroplasts) ، وهذه الخلايا هي التي تفرز المادة الخلالية ، كما تفرز ألياف الكولاجين وأليافاً مرنة ، وتكسب النسيج الصلابة والمرونة .

وخلايا هذا النسيج حية توجد إما فرادى ، أو في مجموعات من خليتين أو أربع ، ونادرا ما تكون من ثماني خلايا . وتوجد كل خلية ، أو كل مجموعة خلايا في تجويف صغير يسمى محفظة (lacuna) . ولا يوجد في النسيج الغضروفي أعصاب ولا أوعية دموية وليمفاوية ؛ لذا تحصل على الغذاء والأكسجين ، وتتخلص من الفضلات خلال المادة الخلالية .

ويمكن تقسيم النسيج الغضروفي حسب مادته الخلالية وما تحتويه من ألياف إلى أربعة أنواع ؛ شفاف (زجاجي) ، ومرن ، وليفي ، ومتكلس .

٢-٦-١- النسيج الغضروفي الشفاف Hyline Cartilage Tissue

أبسط أشكال النسيج الغضروفي ، ويتكون فقط من غضروفين (chondrin) وخلايا غضروفية ويبدو شفافا ومتجانسا لقلة ألياف الكولاجين (البيضاء) ، ويوجد في الأنف وأطراف الضلوع وسطوح المفاصل وفي حلقات القصبة الهوائية .

٢-٦-٢- النسيج الغضروفي المرن Elastic Cartilage Tissue

تحتوي مادته الخلالية أليافاً مرنة (الألياف الصفراء) ، ويوجد في صيوان الأذن وقناة أستاكيوس واللهاة ، ويعطي هذه الأعضاء القوة والمرونة التي تحافظ على شكلها .

٢-٦-٣- النسيج الغضروفي الليفي Fibro Cartilage Tissue

تحتوي مادته الخلالية أليافا كولاجينية (البيضاء) ، ويتميز هذا النسيج بشدة مقاومته ، ويوجد في الأقراص الغضروفية بين الفقرات وحول المفاصل المعرضة للضغط الشديد .

٢-٦-٤- النسيج الغضروفي المتكلس Calsifed Cartilage Tissue

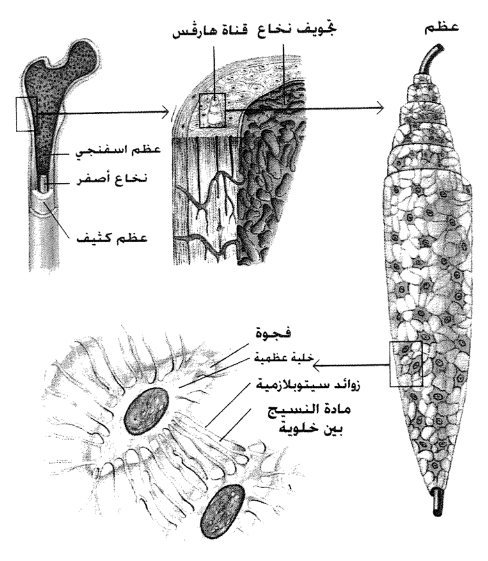
ينتج هذا النوع عن تكلس أي نوع من الأنواع الثلاثة السابقة وبخاصة الشفاف منها .

٢-٧-نسيج ضام عظمي Bone Conncctive Tissue

وهو نسيج صلب يكون الهيكل العظمي للفقاريات . ولا تكون العظام عند تكوينها بتلك الصلابة ، وهي في الأجنة تنشأ عن طريقين ، فهي إما أن تسبقها غضاريف وتحل محلها العظام ، وتسمى العظام الغضروفية ، وهذا ما يحدث في الإنسان ، وإما أن تكون العظام في أغشية وتسمى العظام الغشائية ، أو الكلسية . ويتكون النسيج العظمي غالبا من مادة خلالية تحتوي محافظ تشغلها خلايا تفرز المادة الخلالية وتحافظ عليها . ويختلف هذا النسيج العظمي عن الغضروف بوجود أنسجة وعائية تزودها بالدم . ولا يكفي الانتشار وحده لتغذية خلايا العظم ؛ لأن المادة الخلالية ، تتكون ليس فقط من الكولاجين وعديد التسكر المخاطي(mucopolysaccharides) ، ومواد عضوية أخرى ، ولكن تتكون أيضاً من معدن الأباتيت وهو معقد الكالسيوم والفوسفات ، والانتشار خلال مثل هذه المادة غير عملي وبطيء ؛ لهذا فإن خلايا العظم تتصل مع بعضها ومع الشعيرات الدموية بوساطة قنيات (canaliculi) ، تحتوي امتدادات رفيعة للخلايا نفسها . ولأنه من المهم عدم وجود خلية عظمية بعيداً

جدا عن أقرب وعاء دموي ؛ تترتب الخلايا العظمية حول الشعيرات الدموية المركزية في طبقات مركزية تدعى صفائح عظمية (lamella) ؛ وتكون وحدات مغزلية الشكل تسمى وحدات عظمية (osteons) .

وتمتد الشعيرات الدموية والأعصاب خلال قنيات مركزية مجهرية تدعى قنوات هافرس (haversian canals) : ويطلق على قناة هافرس وما يحيط بها من صفائح ومحافظ وخلايا اسم جهاز هاڤرس (Haversian System) .



شكل (٤-٣) عظم كثيف

ويحتوي العظم خلايا كبيرة متعددة النوى تسمى ناقصة العظم (osteoclasts) ، تستطيع إذابة وإزالة المادة العظمية . ويمكن أن يتغير شكل وبناء العظم الداخلي تدريجيا استجابة لعمليات النمو الطبيعية والضغوط الفيزيائية . والمواد الخلالية في العظم صلبة جدا بسبب وجود أملاح الكالسيوم ، والكولاجين يمنع المادة الخلالية من أن تصبح هشة أكثر مما ينبغي . والعظم خفيف وقوي . ومعظم العظام لها تجويف نخاعي في المركز ، ويمكن أن يحتوي هذا التجويف نخاعا أصفر وغالبا ما يكون دهنيا ، أو نخاعا أحمر .

وتجدر الإشارة هنا إلى وجود نوعين رئيسين من العظام شكل (٤-٣) :

العظم الكثيف (compact bone) والعظم الإسفنجي (spongy bone) ويمتاز العظم الكثيف باكتظاظ مجموعات هافرس فيه أكثر من العظم الاسفنجي ، ويوجد في قصبات عظام الأطراف ، مثل الفخد . أما العظم الإسفنجي فيتخذ شكلا شبكيا به مساحات مملوءة بنخاع العظم الذي يكون خلايا الدم ، ويوجد في نهاية عظام الأطراف وفي العظام المسطحة كعظام القفص الصدري .

٢-٨-دم (نسيج وعائي ضام) Blood (Vascular Connective Tissue

يتكون الدم في الثدييات من خلايا حمراء وبيضاء وصفائح دموية ، مغمورة في البلازما ، الجزء السائل اللاخلوي من الدم . وتنقل البلازما عدة أنواع من الخلايا من جزء إلى جزء آخر في الجسم . وبعض هذه المواد يذوب بسهولة في البلازما ، بينما يرتبط بعضها الآخر مع البروتين مثل الألبومينات . ويصنف معظم علماء الأحياء الدم ضمن الأنسجة الضامة . وخلايا الدم الحمراء (red blood cells) (erytherocytes) في الإنسان والفقاريات الأخرى تحتوي صبغة التنفس الحمراء الهيموجلوبين (hemoglobin) ، الذي يتحد بسهولة وعكسيا مع الأكسجين . ويتحد الأكسجين كأكسيد الهيموجلوبين ، وينتقل إلى خلايا الجسم بوساطة خلايا الدم الحمراء . والخلايا الحمراء في معظم الثدييات مسطحة مقعرة الوجهين ،قرصية الشكل ، ولا يوجد فيها نواة ، أما خلايا الدم الحمراء في الفقاريات الأخرى فبيضاوية ولها نواة . وفي عدد من الحيوانات اللافقارية ، لا توجد الصبغات التي تحمل الأكسجين في خلية لكنها تذوب في البلازما ، وتلونها باللون الأحمر ، أو الأزرق .

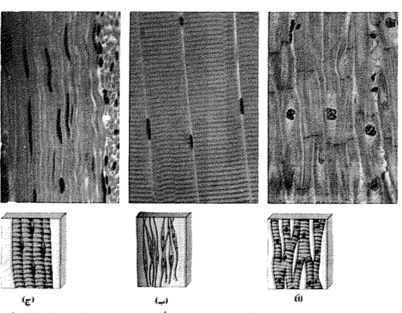
ويحتوي دم الإنسان خمسة أنواع من الخلايا الدموية البيضاء ، كل خلية تستقل

بحجم وشكل وتركيب ووظائف محددة . بعضها لا يحتوي مادة الهيموجلوبين ، ويتحرك حركة أميبية وتتزلق خلال جدران الأوعية الدموية ، عابرة أنسجة الجسم ؛ لتلتهم البكتيريا والجزيئات الغريبة . وتشكل الخلايا البيضاء خطا دفاعيا مهما ضد أمراض البكتيريا . والصفائح الدموية ليست خلايا كاملة ؛ لكنها أجزاء صغيرة مكسورة من خلايا كبيرة موجودة في نخاع العظام . وفي الفقاريات المعقدة لها دور مهم في تجلط الدم .

٠٣ الأنسجة العضلية Muscle Tissues

تمتاز هذه العضلات بقدرتها على الانقباض والانبساط مما يؤدي إلى الحركة ، ويعزى ذلك إلى وجود بروتينات في لييفات هذا النسيج تتحلى بخاصية الانقباض ، وهذه البروتينات هي الأكتين (actin) والميوسين (musin) . وتقوم الخلايا العضلية بالأعمال الآلية بالانقباض ، فتصبح أقصر وأسمك .

يوجد في الفقاريات ثلاثة أنواع من الأنسجة العضلية (٤-٤) العضلة القلبية (cardiac muscle) ، توجد في جدران القلب . والعضلة الملساء (smooth muscle) ، توجد في جدران القناة الهضمية ، والمهبل ، والأوعية الدموية . والعضلة الهيكلية (skeletal muscle) وهي أكبر عضلة مرتبطة مع عظام الجسم .



شكل (٤-٤)الأنواع الثلاثة للأنسجة العضلية(أ)القلبية(ب) الملساء(ج)الهيكلية

وتحتوي كل ليفة من ألياف العضلة الهيكلية عدة أنوية توجد عند حواف الليفة تحت غشاء الخلية ، ويعتقد أن هذا تكيف لزيادة القدرة على الانقباض . ويبلغ طول خلايا العضلة الهيكلية نحو 2-3م . وباستخدام المجهر الضوئي ، يظهر أن لكل من الخيوط القلبية والهيكلية أشرطة عرضية متتالية فاتحة وغامقة اللون . وتستخدم هذه الخطوط المجهرية (الأشرطة العرضية) في عملية الانقباض ، لأنها تغير حجومها خلال الانقباض وتبقى الخطوط الغامقة ثابتة ، لكن يزداد عرض الخطوط الفاتحة . وتستطيع الخيوط العضلية أن تنقبض بسرعة ، ولكنها لا تستطيع أن تبقى منقبضة . فالخيط العضلي المخطط يجب أن يستريح ويسترخي قبل أن ينقبض ثانية . وتقع الخيوط العضلية الهيكلية عادة تحت ضبط إرادي ، بينما تقع العضلات القلبية تحت ضبط لا إرادي . والجدول (٤-٣) يلخص الصفات المميزة لأنواع العضلات الثلاثة .

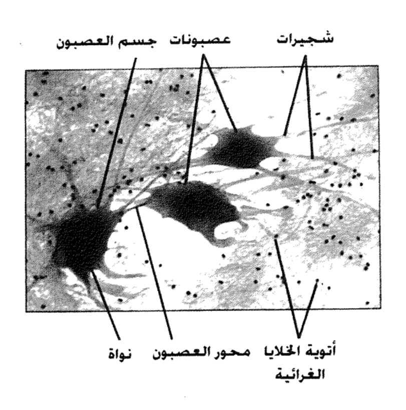
وسوف ندرس العضلات بالتفصيل في الفصل التاسع (الجهاز العضلي) .

الجدول (٤-٣) أنواع العضلات الثلاثة

	هيكلية	ملساء	قلبية
الموقع	ملتصقة مع الهيكل	جدران المعدة، والأمعاء	جدران القلب
نوع الضبط	إرادي	لا إرادي	لا إرادي
شكل الخيوط	مستطيلة ، أسطوانية، نهايات غير مستدقة	مستطيلة، مغزلية، مستدقة النهايات	مستطيلة ، خيوط أسطوانية تتفرع وتلتحم
الخطوط	موجودة	غير موجودة	موجودة
عدد النوى في كل خيط	عديدة	واحدة	واحدة أو اثنتان
موقع النواة	طرفية	مركزية	مركزية
سرعة الانقباض	أكثرها سرعة	أبطؤها	وسط
القابلية لبقائها متقبضة	أقلها	أعظمها	وسط

٠٤ الأنسجة العصبية Nervous Tissus

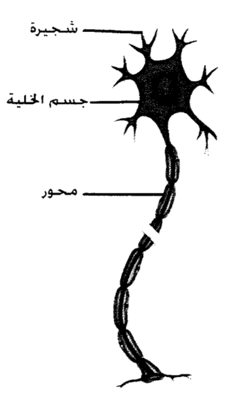
يتكون النسيج العصبي من عصبونات (neurons) ، وهي خلايا متخصصة لنقل سيالات عصبية كهروكيميائية (electrochemical nerve impulses) ، وخلايا غرائية (glial cells) تدعم وتغذي العصبونات ، شكل (٤-٥) وتتلقى عصبونات معينة إشارات من البيئة الخارجية ، أو الداخلية وتنقلها إلى الحبل الشوكي والدماغ ؛ وخلايا عصبية أخرى تعالج وتخزن المعلومات . هذه هي القاعدة الخلوية للوظائف المعقدة ؛ للشعور ، والذاكرة ، والتفكير ، والحركات الموجهة .



شكل (٤-٥) نسيج عصبي يتكون من عصبونات وخلايا غرائية

وتوجد الخلايا العصبية في عدة أشكال وحجوم ، لكل منها جسم كبير ، يحتوي النواة ، ويبرز منه نوعان من الزوائد . الشجيرات (dendrites) وهي خيوط متخصصة لاستقبال السيالات إما من المؤثرات البيئية أو من خلية أخرى ، والمحور المفرد متخصص لنقل السيالات بعيدا عن جسم الخلية . والمحاور عادة طويلة وناعمة وقد تتشعب أحيانا ، وتنتهي المحاور بمجموعة تفرعات رفيعة شكل (٤-٦) ، وتتراوح أطوال المحاور من م واحد إلى أكثر من متر . وتلك التي تمتد من الحبل الظهري أسفل الذراع ، أو الرجل في الإنسان يكون طولها متراً أو أكثر . وتتصل العصبونات مع بعضها في مناطق تسمى التشابكات العصبية (synapses) ، تستطيع تمرير السيالات العصبية لمسافات طويلة خلال الجسم . ويتكون العصب (nerve) من عدد كبير من الخيوط ترتبط معا بوساطة أنسجة ضامة .

وسوف ندرس الخلايا العصبية بالتفصيل (في الفصل الثالث عشر الجهاز العصبي) .



شكل (٤-٦) خلية عصبية

٠٥ الخلاصة

٠١ تتكون الكائنات الحية عديدة الخلايا من عدة أنواع من الخلايا ، كل نوع متخصص ومتكيف للقيام بوظائف محددة .

٠٢ النسيج عبارة عن خلايا متشابهة متخصصة ، وتتعاون لإنجاز عمل محدد ، أو مجموعة وظائف .

٠٣ الكائنات الحية عديدة الخلايا تكون قادرة على قيادة حجم أكبر ، وأكثر مما تستطيع الكائنات الحية وحيدة الخلية . ففي الكائنات الحية عديدة الخلايا ، تستطيع الخلايا أن تتخصص لإنجاز وظائف محددة .

٠٤ تصنف الأنسجة الحيوانية إلى : طلائية ورابطة وعضلية وعصبية :

٤-١- يمكن أن يشكل النسيج الطلائى طبقة مستمرة ، أو غطاء من الخلايا تغطي سطح الجسم ، أو تبطن تجاويفه . وبعض الأنسجة الطلائية تخصص ليكون غددا .

٤-١-١ -وظائف النسيج الطلائي الحماية ، أو الامتصاص ، أو الإفراز ، أو الإحساس .

٤-١-٢ -يمكن أن يكون شكل الخلايا الطلائية حرشفيا ، أو مكعبا ، أو عموديا .

٤-١-٣- قد يكون النسيج الطلائي بسيطا ، أو طبقيا ، أو طبقيا كاذبا .

٤-٢ - تربط الأنسجة الضامة أنسجة الجسم الأخرى معا ، وتدعم الجسم وأعضاءه ، وتحمي الأعضاء الداخلية .

٤-٢-١- يتكون النسيج الضام من خلايا مثل الخلايا الليفية والأكول الكبيرة والصارية والدهنية ، ومواد بين خلوية تفرزها الخلايا .

٤-٢-٢ -بعض أنواع الأنسجة الضامة مفكك ومرن وشبكي ودهني وغضروف وعظم ودم .

٤-٣- يتكون النسيج العضلي من خلايا متخصصة للانقباض . وكل خلية عبارة عن خيط طويل يحتوي لييفات عضلية صغيرة ، متوازية منقبضة . والمكونان الرئيسان للييفات العضلية هما البروتينان ؛ أكتين وميوسين .

٤-٣-١- العضلة الهيكلية مخططة وتحت ضبط إرادي .

٤-٣-٢- العضلة القلبية مخططة ، وانقباضها لا إرادي .

٤-٣-٣ - العضلة الملساء ، وانقباضها لا إرادي وهي ضرورية لحركة الطعام خلال قناة الهضم ؛ وتكوين الحركات في أعضاء الجسم .

٤-٣-٤- تكون النسيج العصبي من عصبونات ، وهي خلايا تخصصت لنقل السيالات ، وخلايا الغراء خلايا داعمة .

٠٦ أسئلة للتقويم الذاتي

السؤال الأول : أكمل العبارات الآتية :

٠١ مجموعة الخلايا ترتبط معا بقوة لتكون غطاء مستمرا يغطي سطح الجسم ، أو يبطن تجاويفه تعرف بالنسيج ....

٠٢ وظائف الأنسجة الطلائية تتضمن .... ، .... ، .... ، ....

٠٣ يمكن تصنيف الأنسجة الرابطة على أساس شكلها إلى : .... ، ....

٠٤ القناة الهضمية في الإنسان مبطنة بـ ....

٠٥ تتكون الطبقة الخارجية من الجلد من ....

٠٦ الخلايا الطلائية المتخصصة بإفراز المواد تسمى : ....

٠٧ شبكة الأنسجة الرابطة الداعمة في العضو تسمى ....

٠٨ حزم من خيوط كولاجينية ، متحركة داخليا ، تتداخل على شكل أصابع مع صفوف من خلايا ليفية .

٠٩ تحتوي خلايا الدم الحمراء صبغة التنفس .... ، التي تتحد بسهولة وعكسيا مع الأكسجين .

٠١٠ يسمى الجزء السائل اللاخلوي من الدم بـ ......

السؤال الثاني:

زاوج المصطلحات في العمود أ مع تعاريفها في العمود ب

العمود أ	العمود ب
١١ . نسيج طلائي انتقالي	أ) نسيج يتكون من عدة طبقات من الخلايا ، لها نفس الحجم وهي غير مسطحة ، وتغير شكلها حسب حالة العضو .
١٢. نسيج ضام كولاجيني	ب) خلايا كاسحة تنظف حطام الخلية .
١٣. نسيج غضروفي	ج) المادة الخلالية للأنسجة الضامة .
١٤. خلايا ليفية	د) نسيج غير مرن نسبياً تسود فيه الألياف البيضاء ، ومادته الخلالية شبه سائلة تتكون من الجلايكوبروتين .
١٥. خلايا غرائية	هـ) خلايا النسيج الضام تنتج وتفرز البروتينات ومكونات أخرى للمادة الخلالية .
١٦. خلايا أكول كبيرة	و) هيكل داعم في جميع المراحل الجنينية في الفقاريات .
١٧. مادة جيلاتينية عديدة التسكر	ز) توجد في محافظ مرتبة في دوائر مركزية حول قنوات هافرس .
١٨. عضلة هيكلية	ح) أجزاء خلايا تلعب دورا في تجلط الدم .
١٩. نسيج عظمي كثيف	ط) أكثر العضلات سرعة في الانقباض وأقلها بقاء في حالة انقباض .
٢٠ . صفائح	ي) خلايا داعمة توجد في النسيج العصبي .

٧. أسئلة للمراجعة

١. ما وظائف النسيج الطلائي؟ وكيف تكيفت الخلايا للقيام بهذه الوظائف؟

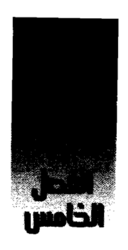
٢. ما تركيب كل من : العظم ، النسيج الدهني ، النسيج الرابط المفكك؟ كيف تكيف كل منها للقيام بوظائفه الخاصة؟

٣. قارن بين صفات الأنواع الثلاثة للنسيج العضلي .

٤. ناقش تركيب خلية عصبية وكيف تكيفت لأداء وظيفتها؟

٥. ما أنواع الأنسجة التي توجد في الأعضاء الآتية :

الرئة ، القلب ، الأمعاء ، الغدد اللعابية .



الجهاز الهضمي

Digistive System

المحتويات

٣-٦- الكبد

٠٤ الهضم الإنزيمي

٤-١- هضم الكاربوهيدرات

٤-٢- هضم البروتين

٤-٣- هضم الليبيد

٤-٤- ضبط إفراز العصارة الهاضمة

٠٥ الامتصاص

٠٦ خلال الأمعاء الغليظة

٠٧ الخلاصة

٠٨ أسئلة للتقويم الذاتي

٠٩ أسئلة للمراجعة

الأهداف التعلمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادرا على أن :

٠١ تصف بصورة عامة خطوات كل عملية من العمليات الآتية : الهضم ، والامتصاص ، والتبرز .

٠٢ تتتبع وجبة طعام في كل تركيب من تراكيب القناة الهضمية ، وتصف التغيرات التي تحدث عليها في القناة .

٠٣ تصف الطبقات الأربع المكونة لجدار القناة الهضمية .

٠٤ تصف أنواع الأسنان وتذكر وظائف كل منها .

٠٥ ترسم سنّاً وتضع الأجزاء على الرسم . وتذكر وظيفة كل جزء .

٠٦ تصف الغدد الملحقة بالقناة الهضمية ، وكيف تعزز كل منها عملية الهضم .

٠٧ تصف المظاهر التشريحية للأمعاء الدقيقة وتناقش فوائدها .

٠٨ تتتبع خطوة تلو خطوة هضم كل من : الكاربوهيدرات ، والبروتينات ، والليبيدات .

٠٩ ترسم رسما تخطيطياً لخملة في الأمعاء الدقيقة ، وتضع الأجزاء على الرسم .

٠١٠ تصف امتصاص كل من : الجلوكوز ، والأحماض الأمينية ، والدهن .

نتناول في البدء التغذية (nutrition) : التي تشتمل العمليات الآتية :

تناول الطعام وهضمه وامتصاصه واستعماله .

والتغذية في الحيوانات المعقدة تحتاج إلى الهضم والامتصاص ، كما تحتاج أيضا إلى أجهزة للتوزيع والتخزين ، وتستخدم المواد المعينة بطرق مضبوطة .

١. وظائف الجهاز الهضمي

للجهاز الهضمي أربع وظائف :

أ) الحركة (Motility)

الإغلاق الآلي وخلط الغذاء ، ومرور الغذاء على طول القناة الهضمية ، والتخلص من المواد غير المهضومة وغير الممتصة من الجسم .

ب) الإفراز (Secretion)

إفراز الإنزيمات والهرمونات والمواد الأخرى التي لها دور في الهضم .

جـ) الهضم (Digestion)

وهو اختزال كيميائي للمواد الغذائية إلى أجزاء ، ثم إلى جزئيات صغيرة إلى درجة تكفي لمرورها في بطانة القناة الهضمية ؛ لتصل البيئة الداخلية .

د) الامتصاص (Absorption)

مرور المواد الغذائية من بطانة القناة الهضمية إلى الدم أو الليمف ، الذي يوزعها على الجسم .

٢. مكونات الجهاز الهضمي

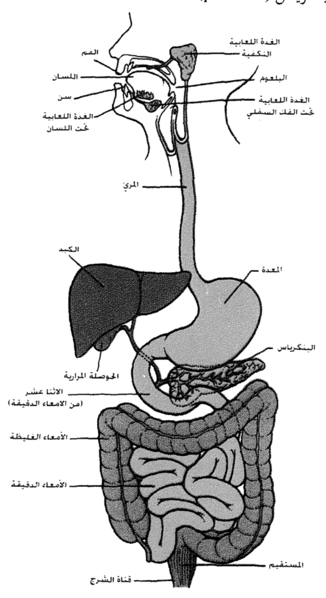
يتكون الجهاز الهضمي من : القناة الهضمية (alimentary canal) ، وغدد ملحقة بها (accessory glands) شكل (٥-١) .

٢-١- القناة الهضمية

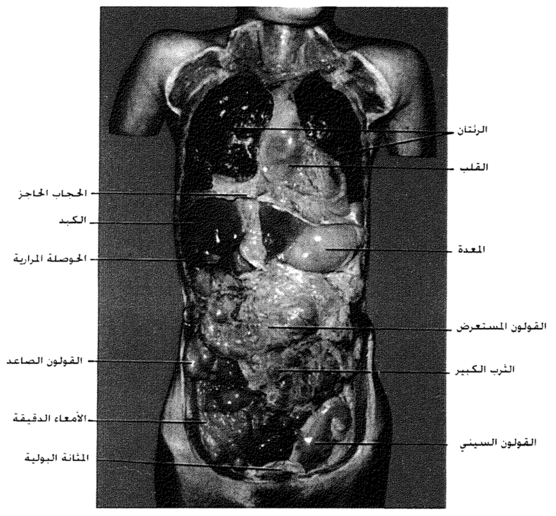
تتألف القناة الهضمية من عدة مناطق متخصصة ، يبلغ طولها نحو ٦,٥-٩ أمتار في الأشخاص البالغين . وهذه المناطق هي : الفم(mouth) والبلعوم (pharynx) والمريء (esophagus) والمعدة (stomach) والأمعاء الدقيقة (small intestine)

والأمـعـاء الـغـلـيـظـة (large intestine) [الأعـور (caecum) والقـولون (colon) والمستقيم (rectum) وفتحة الشرج (anus)] .

ويلتحق بالقناة الهضمية غدد تفرز فيها عصارات هاضمة (digisve juices) ، وهذه الغدد هي الغدد اللعابية (salivary glands) والكبد (liver) والحوصلة المرارية (gallbladder) والبنكرياس (pancreas) .



شكل (٥-١) الجهاز الهضمي (أ) رسم تخطيطي



الثرب الكبير هو البريتون الحشوي الكبير بين المعدة والأعضاء المجاورة

شكل (٥-١) الجهاز الهضمي (ب) صورة فوتوغرافية

٢-١- جدار القناة الهضمية

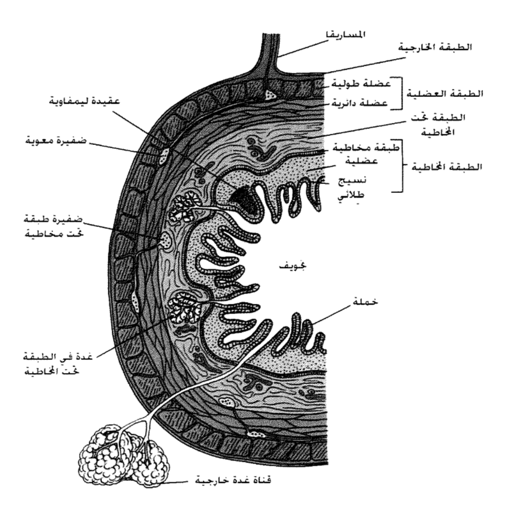
لجدار القناة الهضمية من المريء حتى المستقيم التركيب نفسه ، فهو يتكون من الطبقات الأربع نفسها . فمن التجويف (lumen) ؛ المساحة الداخلية إلى الخارج ، الطبقات هي : الطبقة المخاطية (mucosa) والطبقة تحت المخاطية (submucosa) والطبقة العضلية (muscularis) والطبقة الخارجية (adventitia or serosa) . شكل (٥-٢) .

وسنتناول معا كل طبقة من الطبقات الأربع السابقة على حدة :

١. **الطبقة المخاطية:** تبطن القناة الهضمية وتتكون من نسيج طلائي ، وترتكز على طبقة من نسيج ضام . والخلايا الكأسية (goblet cells) في النسيج الطلائي تفرز مخاطا ؛ يحمي ويزيت (يرطب) السطح الداخلي للقناة الهضمية . والغدد عديدة الخلايا في القناة الهضمية تتكون بوصفها جيوبا داخلية (inpocktings) من الطبقة المخاطية في المعدة والأمعاء ، وهذه الطبقة تنثني عدة انثناءات لتزيد إفراز وامتصاص سطح أنبوب الامتصاص .

٢. **الطبقة تحت المخاطية:** تتكون من نسيج ضام ، يربط الطبقة المخاطية مع طبقة عضلية في أسفلها . وهذه الطبقة تحت المخاطية غنية بالأوعية الدموية (blood vessels) ، والأوعية اللمفاوية (lymph vessels) ، والأعصاب (nerves) .

٣. **الطبقة العضلية:** تمتد على طول القناة الهضمية وتتكون من طبقتين من العضلات الملساء (smooth muscles) ، الطبقة الداخلية تتكون من ألياف عضلية (muscle fibers) ، تترتب دائريا ، والطبقة الخارجية تتكون من ألياف عضلية تترتب طوليا . والتقلصات الموضعية لهذه العضلات تساعد آلية تكسير الطعام وخلطه مع العصارات الهاضمة . وحركة العضلات التموجية تدفع الطعام على طول القناة الهضمية في عملية تسمى التحوي (peristalsis) .



شكل (٥-٢) جزء من جدار القناة الهضمية يظهر في مقطع عرضي موضحاً الطبقات المختلفة

٤- **الطبقة الخارجية:** تتكون من نسيج ضام يغلف القناة الهضمية تحت مستوى الحجاب الحاجز (diaphragm) ، فهو مغطى بطبقة من نسيج طلائي حرشفي يدعى الغشاء البريتوني الحشوي (visceral peritoneum) ، الذي يتصل بوساطة عدة ثنيات مع الغشاء البريتوني الجداري (partial peritoneum) الذي يمثل غطاء (sheet) من أنسجة ضامة تبطن جدران التجويفي البطني (abdominal) ، والحوضي (pelvic) . ويوجد بين الغشاء البريتوني الحشوي والغشاء البريتوني

الجداري فراغ يسمى التجويف البريتوني(peritoneal cavity) . والتهاب الغشاء البريتوني (peritonitis) خطير جدا ؛ لأنه قد ينتشر على طول الغشاء البريتوني إلى معظم الأعضاء البطنية .

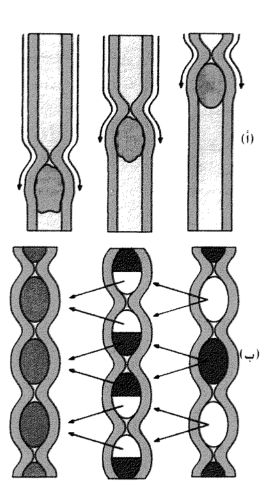
٢-١-٢- حركة القناة الهضمية

التقلصات المتناسقة في الطبقات العضلية للقناة الهضمية تخلط الطعام مع الإفرازات وتحركه إلى الأمام . علما أنه يوجد نوعان عامان من الحركة في القناة الهضمية : التحوي (Peristalsis) والتجزيء أو التقطيع (segmentation)شكل (٥-٣) .

خلال التحوي ، تتقدم كتلة الطعام على طول القناة الهضمية عندما تنقبض حلقات العضلات الدائرية خلفها وتسترخي أمامها .

وحال تحرك كتلة الطعام ، يتمدد جدار الأنبوب ، والتمدد يحفز التحوي ، وهكذا . مثلا ، موجات التحوي تتحرك أسفل جدران المعدة نحو ثلاث مرات في الدقيقة . والتقطيع يحدث فقط في الأمعاء . وحلقات العضلة الملساء في جدار الأمعاء تنقبض (تتقلص) وتسترخي مرة بعد مرة ، مخلفة حركة تذبذبية (إلى الخلف والأمام) في المكان نفسه . وهذه الحركة تخلط باستمرار محتوى التجويف ، وتدفعها العضلات العاصرة نحو سطح الامتصاص لجدار الأمعاء . وهذه العضلات تؤثر في جريان المادة من منطقة إلى أخرى في القناة الهضمية ، وتمنع جريانها إلى الخلف .

وهذه الحلقات من العضلات الملساء ، أو المخططة توجد عند بداية ونهاية مناطق معينة . مثلا ، توجد عضلة عاصرة بين المريء والمعدة ، وأخرى بين المعدة والأمعاء الدقيقة .



شكل (٥-٣) التحوي والتقطيع (أ) في التحوي ، القطع المتجاورة في الأمعاء (أو أعضاء أخرى في القناة الهضمية) تنقبض وتسترخي مرة بعد مرة . (ب) التجزيء ، القطع غير المتجاورة من الأمعاء تنقبض وتسترخي مرة بعد مرة ، ويتحرك الطعام إلى الأمام والخلف ، وهذا يسبب خلط الطعام ، أكثر من دفعه .

٠٣ تركيب ووظيفة مكونات الجهاز الهضمي

٣-١- الفم

الفم تجويف مبطن بغشاء مخاطي . ويحيط بفتحة الفم شفتان(lips) ، تساعدان على توجيه الطعام إلى الفم .

يسمى الجزء العلوي من الفم الحنك (سقف الحلق) (palate) ، الجزء الأمامي العظمي فهو صلب ، والجزء الخلفي اللحمي ناعم ، يفصل تجويف الفم عن تجويف

الأنف ، وينتهي الحنك (سقف الحلق) بزائدة تسمى اللهاة(uvula) ، ووظيفة الحنك واللهاة إغلاق تجويف الأنف في أثناء البلع ؛ لمنع مرور الطعام والشراب خارج البلعوم إلى الأنف . وجدران الفم عبارة عن الخدين (cheeks) ، وهما مرنان بدرجة كافية تمكن الفم من الفتح والإغلاق .

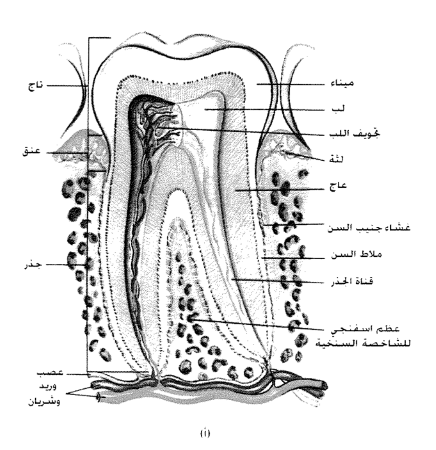
إضافة إلى أن هضم الطعام يبدأ في الفم ، فهو ممر بين البلعوم وخارج الجسم ، وبذلك يمكن استعماله في التنفس . كما أن له وللسان والأسنان دوراً حيوياً مهماً في الكلام . وتجويف الفم مدعم بالفكين (jaws) ، ومحاط باللثة والأسنان . وتتركز براعم التذوق (taste buds) في الحلمات (papillae) ، وهي بروزات صغيرة على سطح اللسان ، فالخلايا الحسية في براعم التذوق تستجيب لمختلف الكيميائيات ، فتجعل الإنسان قادرا على تمييز أربعة مذاقات بدائية : حلو (sweet) ، وحامض (sour) ، ومالح (salty) ، ومر (bitter) .

٣-١-١- الأسنان

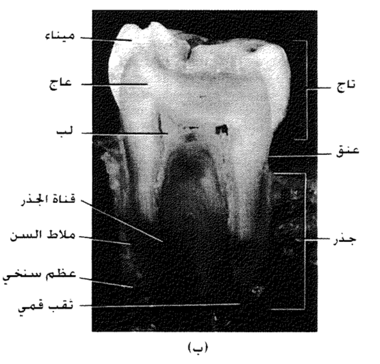
يوجد في فم الإنسان البالغ العادي اثنان وثلاثون سناً ،(ست عشرة سناً في الفك العلوي وست عشرة سناً في الفك السفلي) .

ويسمى الجزء البارز من السن فوق اللثة التاج (crown) ويوجد للسن جذر أو أكثر تحت اللثة ، ويصل عنق السن ما بين التاج والجذر .

وتتكون كل سن في منطقة التاج ، من ميناء (enamel) تغطي السن ، وهي مادة صلبة مكونة من ترسبات الكالسيوم ، وفي أسفل الميناء طبقة سميكة هي العاج (dentin) ، وهي تكون معظم السن وتشبه العظم في تركيبها وصلابتها . وفي منطقتي العنق والجذر ، يوجد نسيج ضام متكلس يسمى ملاط السن (cementum) يغطي الميناء ويغلفه ويصل إلى جيوبه (sockets) شكل (٥-٤) .



(أ)

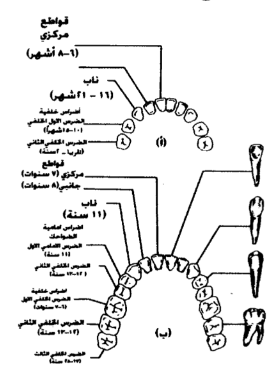


(ب)

شكل (٥-٤) تركيب السن (أ) رسم تخطيطي (ب) صورة فوتوغرافية

وفي أسفل العاج يوجد تجويف يحتوي اللب المكون من نسيج ضام ناعم يحتوي أوعية دموية ، وأوعية ليمفاوية ، وأعصاب ، وهذه جميعها تصل إلى قنوات الجذر (root canals) وهي عبارة عن امتدادات تجويف اللب الضيقة .

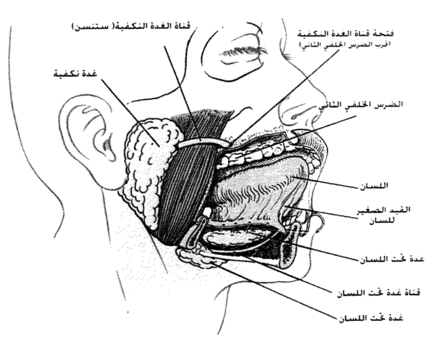
أسنان الإنسان تتنوع في الحجم والشكل وتتخصص للقيام بعمل خاص شكل (٥-٥) . منها (٤) قواطع (incisors) توجد في مقدمة الفك ، يوجد واحد منها في كل جانب من جانبي الفك السفلي والفك العلوي ، وتعمل على تقطيع الطعام . ومنها (٤) أنياب (canine) ، يوجد واحد منها في كل جانب من جوانب الفك السفلي والفك العلوي وهي مجاورة للقواطع ، وتعمل على تمزيق الطعام ، و(٨) أضراس أمامية (premolars) و (١٢) ضرسا خلفيا (molars) ، مرتبة كما يأتي ، ضرسان أماميان وثلاثة ضروس خلفية على كل جانب من جوانب الفك العلوي والفك السفلي . وتتميز هذه الأضراس بسطوح مسطحة (flattened) لسحق الطعام وطحنه ، ويوجد للإنسان أيضاً نوع آخر من الأضراس تسمى أضراس العقل .



شكل (٥-٥) أسنان الإنسان (أ) اللبنية (ب) الدائمة

٣-١-٢- الغدد اللعابية

يوجد في الإنسان ثلاثة أزواج من الغدد اللعابية : الغدتان النكفيتان(parotide glands) ، والغدتان تحت الفك السفلي : (Submandibular glands) والغدتان تحت اللسان (sublingual glands) شكل (٥-٧) . والغدتان النكفيتان أكبر الغدد اللعابية ، وتوجد في النسيج تحت الجلد ، كل واحدة منها تقع أمام الأذن . ويسري اللعاب من كل غدة إلى الفم في قناة ستنسن (stensen's duct) ، وتقع هذه القناة على السطح الداخلي للخد مقابل تاج الضرس الطاحن الثاني العلوي ، وتصاب هاتان الغدتان بالجراثيم وتتورمان عندما يصاب الشخص بالنكاف(mumps) . وتوجد الغدتان تحت الفك السفلي في منخفض صغير يسمى النقرة تحت الفك السفلي (submandibular fossa) ، وتمتد كل غدة بوساطة قناة موجودة تحت الفك إلى الأمام مخترقة الأنسجة في قاع الفم ، وتفتح عند قاعدة القيد الصغير للسان (eingual frenulum) ، وتقع الغدتان المسميتان «تحت اللسان» في أرضية الفم تحت اللسان ، وتعتبران أصغر الغدد اللعابية ، وتتميز عن باقي الغدد اللعابية بوجود صف كامل من القنوات تفتح في الفم على طول الحافة المستعرضة الصغرى الموجودة في أرضية الفم تحت اللسان .



شكل (٥-٦) موقع الغدد اللعابية

يتكون اللعاب من مكونات مائية تحتوي الإنزيم الهاضم أميليز اللعاب (salivary amylase) ، ومكون مخاطي يزيت ممرات المضغة (bolus) خلال البلع . ويحتوي اللعاب أيضا أملاحا ومواد تقتل البكتيريا . ويبدأ أميليز اللعاب بهضم الكربوهيدرات بوساطة تحليل النشاء بالماء إلى سكر الشعير (maltose) .

واللعاب عادة حامضي ، pH = ٦,٧ تقريبا ، ويعمل الأميليز أفضل ما يكون عند درجة الحموضة هذه . وبعد أن يصل المعدة ، فإن عصير المعدة الحامضي يتخلل المضغة ، ويصبح الأميليز غير نشط .

يفرز الإنسان نحو لتر من اللعاب يوميا ، وينظم الإفراز مراكز ضبط في الدماغ ترسل رسائل إلى الغدد عن طريق الأعصاب . والإحساس بالطعام في الفم أو تذوقه يثير مراكز الضبط هذه . حتى مجرد الشم ، والرؤية ، أو التفكير بالطعام يمكن أن يثير زيادة الإفراز . والطعام مثل الأحماض أو الليمون هي أكثر المثيرات . وقليل جدا من اللعاب يفرز في أثناء النوم ، وإذا جف الجسم ، فإن إفراز اللعاب يقل أو يتوقف . وشعور الجفاف في الفم الناتج هو أحد المثيرات التي تشير إلى العطش ، وهو يحثنا على تناول السوائل للمحافظة على التوازن البدني(homeostasis) .

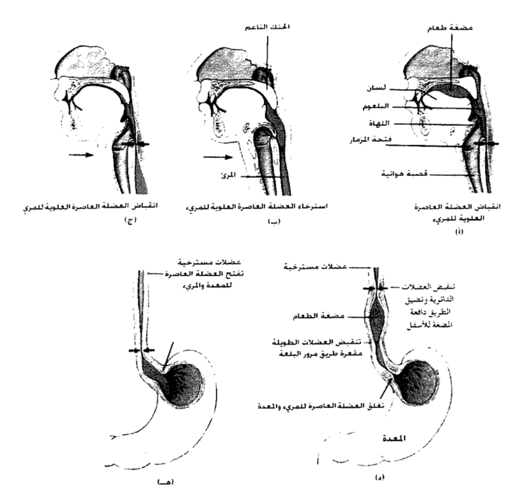
٣-٢ البلعوم والمريء

البلع: عملية معقدة تستخدم نشاطات مشتركة من : اللسان والحنك (سقف الحلق) الناعم ، والبلعوم ، والمريء ، ونحو ٢٢ مجموعة عضلات منفصلة . وتتكون عملية البلع من مرحلتين ، مرحلة فمية (buccal) وهي إرادية ، ومرحلة بلعومية مريئية (Phanryngeal-esophageal) وهي لا إرادية شكل (٥-٧) .

وخلال البلع ، يمر الطعام من تجويف الفم إلى البلعوم ، وهو عبارة عن تجويف عضلي حيث يتقاطع الجهازان ، الهضمي والتنفسي ، ويعتبر المريء ملتقى الفتحات الآتية : فتحة الفم الداخلية ، والفتحتين الأنفيتين الداخليتين ، وفتحة الحنجرة ، وفتحتي قناتي أستاكيوس ، وفتحة المريء . والمريء أنبوب عضلي يمتد من البلعوم حتى المعدة . ويمر بين الرئتين خلف القلب ويخترق الحجاب الحاجز . وتوجه حركة الطعام من الفم إلى المعدة بسلسلة من الأفعال الانعكاسية (reflex actions) .

المرحلة الأولى من البلع وهي الفمية ، شكل (٥-٧-أ ،ب ،ج) تقع تحت ضبط إرادي (voluntary control) حيث يرتفع اللسان باتجاه سقف الفم ، ومضغة الطعام بين اللسان وسقف الحلق تُدفع إلى البلعوم بوساطة حركة تموجات اللسان ، وعندما يبدأ البلع ، يتوقف التنفس بآلية انعكاسية بضع ثوان تمنع الطعام من المرور إلى ممرات التنفس .

وفعل انعكاسي يغلق عدة فتحات في البلعوم قبل أن يصل الطعام إلى البلعوم . وهذا يؤكد أن الطعام يمر فقط إلى المريء .



شكل (٥-٧) البلع : تتكون عملية البلع من مرحلتين ، فمية (إرادية) (أ ،ب ،ج) وبلعومية مريئية (لا إرادية) (د ، هـ)

والنتوء الصلب في وسط الرقبة البطني يعرف باسم تفاحة آدم ، وهو جزء من الحنجرة (larynx) .

إن انقباض العضلات يرفع الحنجرة ويغلق فتحة المزمار (glottis) بوساطة اللهاة (epiglottis) . وهذا الفعل يمنع دخول الطعام إلى مجرى التنفس .

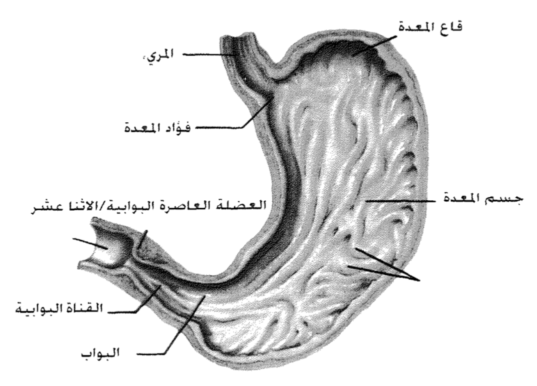
والحركات الانعكاسية تدفع المضغة خلال البلعوم ومن ثم توصلها إلى المريء . وعند دخولها إلى المريء ، تدفعها موجات التحوي إلى الأسفل باتجاه المعدة شكل (٥-٧ د ،هـ) وهذه الرحلة تأخذ فقط عشر ثوان .

ويتم ضبط الفتح من المريء إلى المعدة بوساطة جزء من عضلة دائرية تعمل كعضلة عاصرة . وعندما تصل موجة التحوي الجزء السفلي من المريء ، تسترخي حلقة العضلة ، ممهدة للمضغة الدخول إلى المعدة . وعندما تفشل العضلة العاصرة في الانغلاق في أثناء الهضم ، يتسرب العصير الحامضي إلى المريء في الأعلى مسببا الشعور بالحرقان . وهذه تسمى «حرقان القلب» وذلك لأنها في منطقة فوق القلب .

٣-٣- المعدة

المعدة تجويف عضلي ، سطحها العلوي مقعر ، وسطحها السفلي محدب ، وهي تشبه حرف J ، وتقع في أسفل الحجاب الحاجز في يسار التجويف البطني من الجسم . وتتصل المعدة من الأعلى مع المريء بفتحة الفؤاد (cardiacorifice) التي ترتكز عليها عضلة عاصرة تمنع رجوع الطعام من المعدة إلى المريء ، وتتصل المعدة من الأسفل مع الأمعاء الدقيقة بفتحة البواب (pyloric) التي تستند إليها عضلة عاصرة دائرية قوية شكل (٥-٨) . ويوجد بجدار المعدة ثلاثة أنواع من العضلات : طولية ، ودائرية ، ومائلة . والمعدة مبطنة بنسيج طلائي عمودي بسيط يفرز كميات كبيرة من المخاط حيث توجد ملايين من الغدد المعدية (gastric glands) الصغيرة جدا في عمق الطبقة المخاطية ، وهذه تفرز العصارة المعدية (gastric juice) . وتنتج الخلايا الجدارية (partial cells) للغدد المعدية حامض الهيدروكلوريك ، وتنتج الخلايا الرئيسة (chief cells) ، إنزيم بروتيني خامل ؛ الببسينوجين (pepsinogen) ، الذي يتحول لإنزيم البيبسين (pepsin) النشط . وتكوّن هذه المواد (المخاط ، وحامض

الهيدروكلوريك ، والببسينوجين) السائل المعدي (gastric fluid) الذي تفرزه المعدة بمعدل لترين يوميا .



شكل (٥-٨) المعدة

وللمعدة ثلاث وظائف رئيسة : أولا ، تخزين وخلط الطعام الذي يصلها من المريء ، ثانيا ، إفراز مواد تساعد على ذوبان وتحلل الطعام ، ثالثا ، المساعدة على ضبط تحرك الطعام إلى الأمعاء الدقيقة .

والعصارة المعدية حامضية جدا ، درجة حموضتها (pH) نحو ٨ . وتختلط العصارة المعدية بالمخاط والطعام ؛ لذلك تكون درجة الحموضة النهائية لمحتويات المعدة نحو ٢ . وهذه الحموضة كافية لقتل معظم البكتيريا التي تدخل المعدة مع الطعام . وتعزى زيادة حموضة المعدة لهضم البروتين : أولا إلى تغير مجموعات البروتينات المتأينةُ إذ تتخلى عن بعض روابطها الببتيدية . ثانيا إلى تحول الأشكال الخاملة من إنزيمات البروتينات المحللة (تسمى ببسيونوجينات) إلى أشكال نشطة (تسمى ببسينات) .

ويساعد هذا التحول حامض الهيدروكلوريك والببسينات نفسها . فحامض الهيدروكلويك يهيء درجة حموضة مثلى لعمل الببسين . فالببسين هو الإنزيم الرئيس للعصارة المعدية ، حيث يبدأ هضم البروتينات ، ومنها بروتين الكولاجين ، الذي يوجد في النسيج الضام (العضلات) . وعند تحطيم الكولاجين بوساطة الببسين ، ويصبح البروتين في العضلات أكثر قابلية لعصارات الهضم ، وبذلك يسهل هضمه .

وتنظم نشاطات المعدة بوساطة كل من الجهازين : العصبي والهرموني . فعند التفكير بالطعام ، أو شمه ، او رؤيته ، أو تذوقه ، يرسل الدماغ إشارات تثير الغدد المعدية ، في الوقت الذي يصل فيه الطعام إلى المعدة ، حيث يتم إفراز العصارات المعدية . وعندما يضغط الطعام باتجاه المستقبلات في جدار المعدة تحفز الغدد المعدية ، في حين أن دخول الطعام إلى المعدة يحفز الطبقة المخاطية لإفراز هرمون الجاسترين (gastrin) . ويمتص الدم هذا الهرمون وينقله إلى الغدد المعدية ، التي تحفز بدورها إفراز العصير المعدي . ووجود جزء مهضوم من البروتينات ، والكفائين في القهوة ، أو الشاي ، أو الكحول في المعدة ، يحفز أيضا إفراز الجاسترين .

وبعد تناول وجبة يمكن أن يبقى الطعام في المعدة أكثر من أربع ساعات . وبعد أن يُخض (churned) الطعام ، ويُهرس (mashed) ،ويُهضم بوساطة العصارة المعدية ، يتحول الطعام إلى خليط يشبه رغوة الصابون يسمى المنهضم (الكيموس) (chyme) .

وتدفع تموجات التحوي (peristaltic waves) المنهضم ببطء باتجاه مخرج المعدة (فتحة البواب) ، وتمتص المعدة الماء ، والأملاح ، والمواد الدهنية الذائبة فقط . ويبقى عادة مخرج المعدة مغلقا بوساطة انقباض عضلة دائرية ، هي العضلة العاصرة البوابية (pyloric sphinctor) . وعندما يكتمل الهضم في المعدة ، تسترخي العضلة العاصرة البوابية ؛ لذلك يمكن أن يندفع المنهضم ، بضعة مللترات كل وقت إلى الأمعاء الدقيقة .

وأحيانا يتلف جزء من الطبقة المخاطية للمعدة ، بفعل هضمي للسائل المعدي ، مما يؤدي إلى القرحة (peptic alcer) . وقد تضعف آليات الضبط العادية التي تحمي الطبقة المخاطية . وعند تحطم سطح المعدة ، تنتشر أيونات الهيدروجين (H^+) إلى

المعدة ، وتسبب إطلاق الهيستامين(histamin) ، الذي يعمل على توسيع الأوعية الدموية وزيادة نفاذية الشعيرات الدموية ، كما يحفز إفراز حامض الهيدروكلوريك . بهذا تتكون حلقة تغذية راجعة موجبة (positive feedback) ، تؤدي إلى تلف الأنسجة ، مما ينتج عنها نزف في المعدة والتجويف البطني .

٣-٣-١- تفريغ المعدة Stomach Emptying

موجات التحوي في المعدة تخلط المنهضم (الكيموس) ، وتصبح هذه الموجات قوية عندما تقترب من العضلة العاصرة البوابية بين المعدة والأمعاء الدقيقة . وفي الأحوال العادية تكون العضلة العاصرة البوابية مسترخية ، لكنها تغلق عند وصول انقباضات التحوي القوية . ومعظم المنهضم يضغط إلى الخلف ، وتتحرك كمية قليلة فقط إلى «الاثني عشر» ، الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة . وتضبط سرعة تفريغ المعدة ثلاثة عوامل :

أولاً : انتفاخ المعدة بعد تناول وجبة تسبب نشاطات المستقبلات الآلية في جدار المعدة . وكلما كبرت الوجبة ، كلما زاد حفز الانعاكاسات التي تزيد قوة الانقباضات (لهذا السبب تفرغ المعدة) .

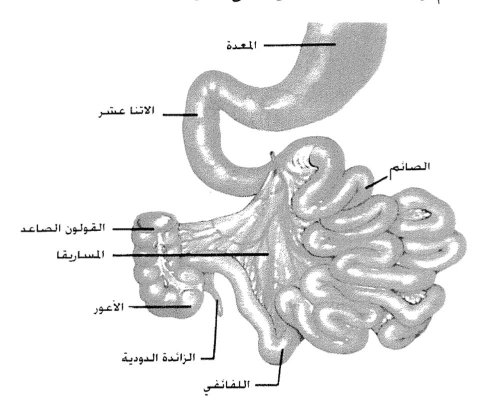
ثانياً : الزيادة في الحموضة ، والضغط الأسموزي ، ومحتوى الدهن ، كل ذلك يحفز المستقبلات في الاثني عشر . وإشارات من هذه المستقبلات تحفز إفراز الهرمونات (مثل كوليسيستوكاينين) (cholecystokinin) (CCK) ، والببتيد المعدي المثبط (gastric inhibitory peptide) (GIP) التي تثبط حركة المعدة .

ثالثاً : الحالات الانفعالية (مثل الخوف والكآبة) تستطيع حفز إشارات من الجهاز العصبي التي تثبط بدورها حركة المعدة .

٣-٤- الأمعاء الدقيقة

الأمعاء الدقيقة تلي المعدة ، ويكتمل الهضم فيها ، كما أنها تمتص معظم الغذاء المهضوم . وهي أنبوبة ملتفة على نفسها عدة التفافات مما ساعد تجويف البطن على احتوائها . ويسمى الـ (٢٥)سم الأول منها الإثني عشر (duodenum) شكل

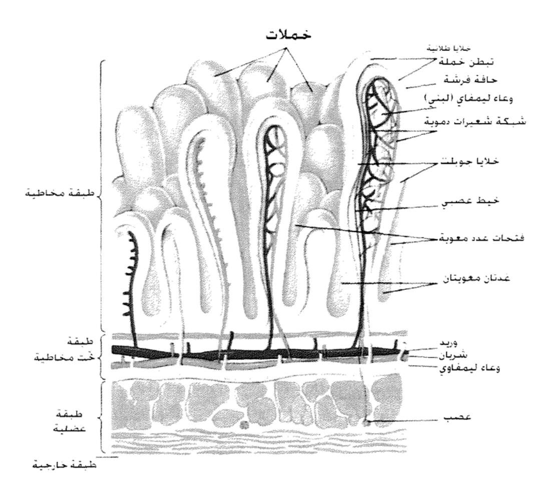
(٥-٩) ، الذي يتخذ شكل حرف C . وعند دوران الأمعاء الدقيقة إلى الأسفل يسمى الجزء الدائر الصائم (jejunum) ، ويبلغ طوله نحو ٢,٥م ، والجزء الثالث والأخير من الأمعاء الدقيقة يسمى اللفائفي (ileum) ، وطوله نحو ٣,٥م ، ويعلق «الاثنا عشر» في مكانه بروابط من نسيج ضام تتصل بالكبد ، والمعدة ، وجدار الجسم الظهري . وتثبت بقية الأمعاء الدقيقة (ومعظم الأمعاء الغليظة) برخاوة إلى جدار الجسم بوساطة غشاء شفاف رقيق يسمى المساريقا (mesentry) .



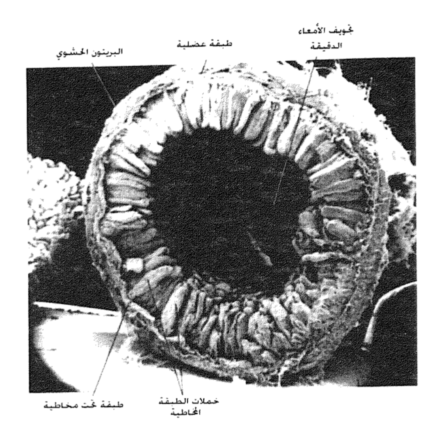
شكل (٥-٩) الأمعاء الدقيقة

وبطانة الأمعاء الدقيقة الداخلية ليست ناعمة ، إنما ينثني السطح الداخلي منها بتعقيد في ثلاث طرق ، أولا : يتشكل الغشاء المخاطي من ثنيات دائرية (circular folds) جزئية . ثم يندفع من الغشاء المخاطي ملايين البروزات المجهرية تشبه الأصابع تسمى خملات (villi)الشكلان (٥-١٠ و ٥-١١) ويزداد سطح الأمعاء الدقيقة بوجود آلاف الخميلات (microvilli) التي تشبه الخيط ، تبرز من الغشاء البلازمي

من الجـوانب المكشـوفـة(exposed borders) من الخـلايا الطلائيـة . وتعطي هذه الخميلات بطانة الخلايا الطلائية مظهراً زغبيا يسمى حافة الفرشة (brush border) . وتعمل الثنيات الدائرية والخملات والخميلات معا على زيادة مساحة سطح الأمعاء الدقيقة زيادة كبيرة جدا .



شكل (٥-١٠) سطح الأمعاء الدقيقة وفيها خملات وفتحات دقيقة في الغدد المعدية ، وقد فُتحت بعض الخملات لإظهار الأوعية الدموية والليمفاوية فيها .



شكل (٥-١١) صورة مجهر الكتروني ماسح لقطاع عرضي
في الأمعاء الدقيقة ٣٠ مرة تقريباً)

تتحطم معظم البروتينات ، والدهون ، والكربوهيدرات في المنهضم إلى أحماض أمينية (amino caids) ، وأحماض دهنية (fatty acids) ، وجليسريدات أحادية (monoglycerides) ، وسكريات أحادية (monosaccharides) في الوقت التي قضى فيه المنهضم نصف الطريق إلى الأمعاء الدقيقة . ويتم هضم معظم الطعام بالإنزيمات في «الاثني عشر» . يفرز الكبد الصفراء (bile) ، ويفرز البنكرياس العصارة البنكرياسية في «الاثني عشر» ، وملايين الغدد الصغيرة في الطبقة المخاطية للأمعاء الدقيقة ، وتفرز عصارة معوية ، تُستخدم وسطا لهضم الغذاء وامتصاصه .

وتُنتج الخلايا في الأمعاء الدقيقةعددا من الإنزيمات التي تساعد على الهضم في المرحلة الأخيرة منه . وكما في المناطق الأخرى من القناة الهضمية فإن تقلصات الأمعاء الدقيقة تنتج حركات خلط وموجات تحوي ، ويحتاج المنهصم عدة ساعات ، ليسير على طول الأمعاء الدقيقة . وتنظم الحركة والهضم في الأمعاء الدقيقة رسائل عصبية وهرمونات .

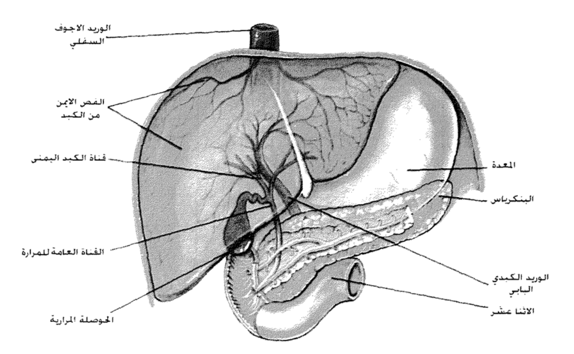
وعندما يلامس المنهضم الحامضي الآتي من المعدة الطبقة المخاطية للاثني عشر ، يحفزها ؛ لتفرز هرمون السكرتين (الإفرازين) (secretin) . ويحفز هذا الهرمون البنكرياس لإفراز العصارة البنكرياسية ، والكبد لإفراز الصفراء . كما أن وجود الأحماض الدهنية ، أو البروتينات المهضومة جزئيا في الاثني عشر تحفز الطبقة المخاطية منه ؛ لتفرز هرمون كوليسيستوكاينين (cholecystokinin) (CCK) . وهذا الهرمون يحفز البنكرياس والحوصلة المرارية (gallblader) ؛ لإفراز عصارتها . ويعتقد أنهما تؤثران في مركز ضبط الشهية (appettite) في الدماغ جدول (٥-١) .

جدول (٥-١) الإنزيمات المهمة في الهضم

الإنزيم	المصدر	pH المثلى	المادة الخاضعة لفعل الإنزيم	الناتج
أميليز اللعاب (بتيالين)	اللعاب	متعادل	روابط جليكوسيد النشاء النباتي والحيواني	سكر المالتوز
ببسين	المعدة	حامضي	روابط ببتيدية في سلسلة قريبة من التيروسين أو الفينيل ألانين	ببتيدات
رينين	المعدة	حامضي	روابط ببتيدية في كازين	كازين متخثر
تريبسين	البنكرياس	قاعدي	روابط ببتيدية في سلسلة قريبة من اللايسين أو الفينيل الأرجنين	ببتيدات
كيموتربسين	البنكرياس	قاعدي	روابط ببتيدية في سلسلة قريبة من التيروسين ، أو الفينل ألانين أو التريبتوفان	ببتيدات
لايبيز	البنكرياس	قاعدي	روابط الإستر في الدهون	جليسرول ،وأحماض دهنية ، وأحادي وثنائي أسيل جليسرول
أميليز	البنكرياس	قاعدي	a- روابط جليوكوسيد النشاء النباتي والحيواني	مالتوز
رايبونيوكلييز	البنكرياس	قاعدي	إسترات الفوسفات ل ر ن أ	نيوكليوتيدات
رايبونيوكلييز منقوص الاكسجين (DNase)	البنكرياس	قاعدي	إسترات الفوسفات ل د ن أ	نيوكليوتيدات
كاربوكسي ببتيديز	الغدد المعوية	قاعدي	رابطة الببتيد القريبة من النهاية الحرة للكاربوكسيل	أحماض أمينية حرة
امينوببتيديز	الغدد المعوية	قاعدي	رابطة الببتيد القريبة من النهاية الحرة للأمين	أحماض أمينية حرة
انتروكينيز	الغدد المعوية	قاعدي	تريبسينوجين	تريبسين
مالتيز	الغدد المعوية	قاعدي	مالتوز	جلوكوز
سكريز	الغدد المعوية	قاعدي	سكروز	جلوكوز وفركتوز
لاكتيز	الغدد المعوية	قاعدي	لاكتوز	جلوكوز وجالاكتوز

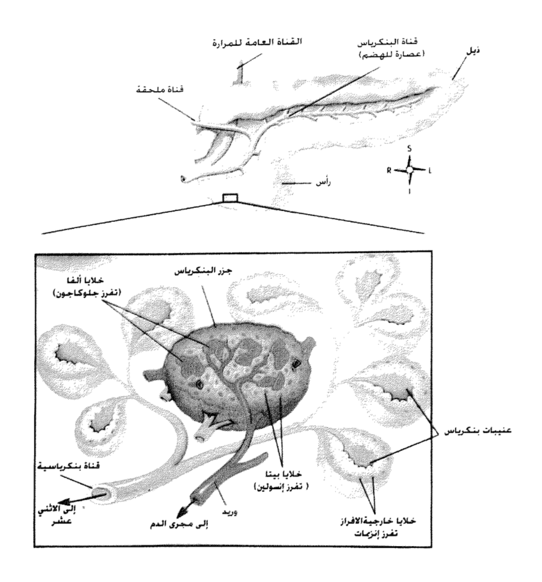
٣-٥- البنكرياس Pancreas

البنكرياس والكبد غدتان كبيرتان تساعدان على هضم الطعام ، وتنموان في الجنين من القناة الهضمية .



الشكل (٥-١٢) تركيب الكبد والبنكرياس

والبنكرياس غدة متطاولة (elongated) وتقع في التجويف البطني بين المعدة والاثني عشر شكل (٥-١٣) . وتترتب الخلايا التي تفرز إنزيمات البنكرياس على شكل وحدات تشبه عناقيد العنب تسمى عنيبات (acini) . وتنقل القنوات الواردة من العنيبات إضافة إلى الإنزيمات محلول بايكروبونات الصوديوم الذي يجعل عصارة البنكرياس قلوية إلى حد ما ، حيث يعادل حامض الهيدروكلوريك الذي يصل من المعدة . ولولا وجود مثل هذه المعادلة ، فإن إنزيمات البنكرياس لا تعمل . وتلتقي قناة البنكرياس وقناة الكبد مكونتان قناة عامة تفرغ في الاثني عشر . وتفرز الخلايا الخارجية في البنكرياس إنزيمات في هذه القناة استجابة لرسائل هرمونية وعصبية .



شكل (٥-١٣) البنكرياس

وتشمل إنزيمات البنكرياس ما يأتي :

١- الإنزيمات البروتينية ، تريبسين (trypsin) ، وكيموتريبسين (chymotrysin) ، وكاربوكسي ببتيديز(carboxypeptidase) .

٢- لايبيز (lipase) البنكرياس ، الذي يحلل الدهون المتعادلة .

٣- أميليز (amylase) البنكرياس ، الذي يحلل جميع الكربوهيدرات ما عدا السليولوز إلى سكاكر ثنائية التسكر (disaccharides) .

٠٤ إستيريز(esterase) التي تفصل إسترات الكوليستيرول إلى مركباتها .

٠٥ إنزيمات الحامض النووي الرايبوزي (RNAase) ، و الحامض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين (DNAase) ، الذي تحلل ر ن أ و د ن أ إلى أحماض نووية حرة جدول (٥-١) .

وتفرز جميع الإنزيمات البروتينية كمكونات سابقة (precursors) خاملة . فينشط إنزيم التربسين في الاثني عشر عندما يلامس إنزيم الإنتروكينيز (enterokinase) الذي تفرزه الطبقة المخاطية للأمعاء الدقيقة . حيث يقسم إنزيم الإنتروكينيز البروتين المكون للتربسينوجين الخامل لينتج الإنزيم النشط تربسين وجزيئات خاملة . وينشّط التربسين النشط إنزيمات البروتينات بوساطة البروتييزات (proteases) الأخرى . وحتى يحمي البنكرياس نفسه من الهضم بهذه البروتييزات ؛ فإنه ينتج مثبطا داخليا للتربسين ، الذي يُخمّل (يجعله خاملاً) أي تريبسين يمكن أن يصبح نشطاً في البنكرياس . وإذا تلف البنكرياس (كما في حالات التسمم الكحولي) ، أو إذا انسدت القناة ، فإن كميات كبيرة من إنزيمات البنكرياس يمكن أن تتجمع ، وتضعف جهاز تثبيط التربسين ، ومن ثم يمكن للبروتييزات أن تهضم أنسجة البنكرياس . ويمكن أن ينتج عن ذلك التهاب البنكرياس الحاد acute) (pancreatitis وهو قاتل . إضافة إلى أن البنكرياس غدة قنوية ، فهي غدة صماء (endocrine gland) أيضا ، ومحتوياتها التي تفرز الهرمونات هي جزرلانجرهانز (islets of langerhans) ، حيث تفرز هرموني الإنسولين (insulin) والجلوكاجون (glucagon) وهما ينظمان سكر الجلوكوز في الدم .

٣-٦- الكبد Liver

الكبد من أكبر وأنشط الأعضاء المعقدة في الجسم . فكل خلية من خلاياه تستطيع القيام بمئات النشاطات الأيضية الشكلان (٥-١٣) و (٥-١٤) فالكبد :

٠١ يفرز الصفراء ، وهي مهمة في هضم الدهن .

٠٢ ينقل الغذاء من الدم .

٠٣ يحول الجلوكوز إلى نشاء حيواني (جليكوجين) للتخرين ويحول النشاء الحيواني (الجليكوجين) إلى الجلوكوز عند الحاجة .

٠٤ يخزن الحديد وفيتامينات معينة .

٠٥ يحول الأحماض الأمينية إلى أحماض كيتونية وبولينا .

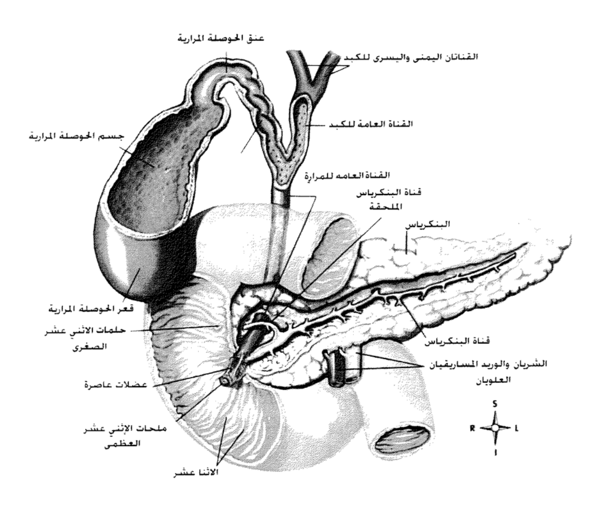
٠٦ يصنع عددا من البروتينات الموجودة في الجسم .

٠٧ يزيل سموم عدة عقاقير وسموما تدخل الجسم .

٠٨ يبلعم البكتيريا وخلايا الدم الحمراء التالفة .

٠٩ يقوم بوظائف لا تحصى في أيض الأحماض الأمينية ، والدهون ، والكربوهيدات .

وتفرز خلايا الكبد باستمرار كميات قليلة من الصفراء ، التي تمر خلال نظام قنوات إلى قناة الصفراء العامة ، التي تفرغ في الاثني عشر ، لكن مخرج القناة عادة مغلق بعضلة عاصرة . وعندما تنقبض العضلة العاصرة ، تنتقل الصفراء إلى الحوصلة المرارية (شكلها يشبه حبة الإجاص) للتخرين شكل (٥-١٤) .



شكل (٥-١٤) القناة الصفراوية العامة وفروعها

وعندما يدخل الدهن إلى الاثني عشر ، فإنه يحفز إفراز هرمون كوليسيستوكاينين (cholecystokinin) (CCK) من الطبقة المخاطية للأمعاء . ويحفز هرمون الكوليسيستوكاينين الحوصلة الصفراوية لتنقبض ، والعضلة العاصرة لتسترخي ؛ وبذلك تفرز الصفراء في الاثني عشر .

وتتكون الصفراء من الماء ، وأملاح الصفراء ، وصبغات الصفراء ، وكوليستيرول ، وأملاح ، وليسيثين (ليبيد مفسفر) . وتصنع أملاح الصفراء من الكوليسترول في الكبد . وتتصرف كمنظفات (detergents) ، وتستحلب الدهون في الأمعاء (تكسير الدهون آليا إلى قطرات) . وذلك لأن جزيء ملح الصفراء (كوليستيروله) يطرد الماء ، والجزء الباقي يذوب فيه . وبسبب هاتين الصفتين فإن أملاح الصفراء تعزز تحطيم الدهون وامتصاصه . ففي حالة تحطيم الدهون آليا إلى قطرات صغيرة في وجود أملاح الصفراء وبوساطة حركات التقطيع ، فإن الأجزاء الطاردة للماء من أملاح الصفراء تذوب على سطح قطرات الدهن . لكن الأجزاء الأخرى تبرز على السطح وتتفاعل مع الماء وتمنع جزيئات الدهن من التجمع معا ثانية ، وهذا التعليق (suspension) لقطرات الدهن الصغيرة هو نوع من المستحلب (emulsion) .

وعندما تتفرق كرات الدهن الكبيرة آليا إلى عدة كرات صغيرة ، فإن مساحة سطحها تزيد ، ويلامس اللايبيز جزيئات الدهن ويحللها إلى أحماض دهنية . (عندما تسد قناة الصفراء وتغيب أملاح الصفراء من الأمعاء ، فإن كلا من هضم الدهون وامتصاصه يضعف ، مسببا تلف وضياع معظم الدهن الذي يؤكل في البراز) . ويحفظ الجسم أملاح الصفراء ، فيعاد امتصاصها في الجزء السفلي من الأمعاء . وينقلها الدم ثانية إلى الكبد لتفرز ثانية . ويصنع الكوليستيرول في الكبد ، وتركيزه في الصفراء يعكس كمية الليبيد في الغذاء . ونوعا ما لا يذوب الكوليسيترول في الماء لكنه يتحد مع أملاح الصفراء والليسثين لتكوين تجمعات جزيئات ذائبه تسمى مواد شبه غروية(micelles) ، وتحت ظروف غير طبيعية فإن الكوليستيرول يترسب وينتج كرات صغيرة صلبة تسمى حصوات صفراوية (gallstones) .

والأشخاص الذين يعتمدون على دهون عالية في طعامهم عندهم ميل لتكوين الحصاة الصفراوية أكثر من الأشخاص الذي يحتوي طعامهم دهونا قليلة .

وجود صبغات الصفراء (الخضراء والصفراء والبرتقالية والحمراء) يضفي لوناً على الصفراء . وتتكون صبغات الصفراء من جزء الهيم الموجود في الهيموجلوبين بوساطة عمليات إنزيمية في الكبد . وفي الأمعاء ، تعمل على أيض صبغات الصفراء بوساطة

انزيمات البكتيريا وتصبح بنية اللون . وهذه الصبغات البنية ضرورية للون البراز .وأحيانا يمنع انسداد قناة الحوصلة المرارية (مثل حصاة المرارة) إخراج صبغتها . وعندما تتجمع الصبغات في الدم والأنسجة ، تعطي لونا أصفر للجلد ، وتعرف الحالة اليرقان (jaundice) . وغياب الصبغات من محتويات الأمعاء يجعل لون البراز شاحبا .

٠٤ الهضم الإنزيمي Enzymatic Digestion

عند تحرك المنهضم (الكيموس) على طول القناة الهضمية بفعل التحوي ، والانقباضات الخالطة ، وحركة الخملات ، تلامس الانزيمات الغذاء وتهضمه .

٤-١- هضم الكاربوهيدات Carbohydrate Digestion

عديدات التسكر مثل النشاء النباتي والحيواني جزء مهم في الطعام الذي يتناوله الإنسان . وترتبط وحدات الجلوكوز لهذه الجزيئات الكبيرة بروابط جليكوسيدية تربط الكربون (٤) أو (٦) في أحد جزيئات الجلوكوز مع الكربون (١) لجزيء الجلوكوز المجاور . وتتحلل هذه الروابط بالماء بوساطة إنزيم الأميليز ، الذي يهضم عديدات التسكر إلى المالتوز ثنائي التسكر جدول (٥-٢) . ومع أن إنزيمات الأميليز للقناة الهضمية تستطيع أن تحطم روابط ألفا جلوكوسيد التي توجد في النشاء الحيواني والنباتي ، لكنها لا تستطيع أن تحطم روابط بيتا جلوكوسيد التي توجد في السليولوز . وفي الإنسان يفرز الأميليز في الغدد اللعابية والبنكرياس . ولا يستطيع الأميليز أن يحطم الرابطة بين جزيئي الجلوكوز المكونان للمالتوز . وتحطم الإنزيمات التي تفرزها الخلايا المبطنة للأمعاء الدقيقة ثنائيات التسكر مثل المالتوز إلى أحادية التسكر . وتوجد هذه الإنزيمات في حواف الفرشة (brush borders) للخلايا الطلائية في الأمعاء الدقيقة ، ويعتقد أنها تساعد التحلل المائي في أثناء امتصاص السكريات الثنائية عبر النسيج الطلائي المالتيز ، وعلى سبيل المثال ، تحطم هذه الإنزيمات المالتوز إلى جزيئين من الجلوكوز .

١

جدول (٥-٢) ملخص لهضم الكربوهيدات

المكان	مصدر الانزيم	عملية الهضم
الفم	الغدد اللعابية	عديدات التسكر (مثال النشاء أميليز اللعاب ← مالتوز + ديكسترين)
المعدة		يستمر العمل حتى يصبح أميليز اللعاب خاملا بوساطة درجة الحموضة (pH) الحامضية .
تجويف الأمعاء الدقيقة	البنكرياس	عديدات التسكر والديكسترين أميليز البنكرياس ← مالتوز
حافة الفرشة (Brush border)	الأمعاء الدقيقة	تتحلل مائيا إلى أحاديات التسكر كما يأتي : مالتوز (سمكر الشعير) ← مالتيز ← جلوكوز + جلوكوز سكروز (سكر المائدة) ← سكريز ← جلوكوز + فركتوز لاكتوز (سكر الحليب) ← لاكتيز ← جلوكوز + جالاكتوز

٤-٢- هضم البروتين Protein Digestion

تفرز عدة إنزيمات بروتينية في القناة الهضمية (جدول ٥-٣) . وكل إنزيم مختص بروابط ببتيدية في موقع معين في سلسلة عديد الببتيدات . ثلاث مجموعات رئيسة هي : الببتيديزات الخارجية (exopeptidases) والببتيديزات الداخلية (endopeptidases) والببتيديزات الثنائية (dipeptidases) . الببتيديزات الخارجية تحطم رابطة الببتيد التي تربط الأحماض الأمينية الطرفية بسلسلة الببتيد . مثلا ، كاربوكسي ببتيديز (carboxypeptidase) ، تحطم رابطة الببتيد التي تربط الحامض الأميني مع مجموعة الكاربوكسل الطرفية الحرة بسلسلة الببتيد . الأمينوببتيديز يفصل الحامض الأميني عن مجموعة الأمين الطرفية الحرة .

والببتيديزات الداخلية تحطم فقط روابط ببتيدية في سلسلة الببتيد . ببسين ، وتريبسين ، وكيموتربسين هي ببتيديزات داخلية (شكل ٥-١٥) .

H_2N — gly — ala — leu — tyr — ala — asp — lys — val — glu — gly — COOH

↑ AP ↑ C ↑ C or P ↑ T ↑ CP

شكل (٥-١٥) صيغة ببتيد يظهر فيها نقاط التصاق الببسين (P) ، والتربسين (T) ، والكيموتربسين (C) ، وإنزيم أمينو ببتيديز (AP) ، وإنزيم كاربوكسي ببتيديز (CP)

وهذه الببتيديزات الداخلية تحطم سلاسل الببتيد إلى أجزاء أصغر ، وهذه بدورها تتحطم أكثر بالببتيديزات الخارجية . وينتج عن العمل المشترك بين الببتيديزات الداخلية والخارجية تحطيم جزيئات البروتين إلى ثنائي الببتيدات . وبعد ذلك تحطم الببتيديزات الثنائية التي توجد في حواف الفرشة (brush borders) للاثني عشر . وتحطم ثنائي الببتيدات إلى أحماض أمينية حرة . ومن ثم تُمتص الأحماض الأمينية الحرة ، وثنائي الببتيدات وثلاثي الببتيدات خلال الخلايا الطلائية المبطنة للخملات وبعدها تدخل الدم .

جدول (٥-٣) ملخص لهضم البروتين

الموقع	مصدر الانزيم	عملية الهضم
المعدة	المعدة (غدد معدية)	بروتين ← ببسين ← عديدات الببتيد
تجويف الأمعاء الدقيقة	البنكرياس	عديدات الببتيد ← تريبسين وكيموتريبسين ← ثلاثي الببتيد + ثنائي الببتيد
حواف الفرشة (وفي سيتوبلازم الخلايا الطلائية)	الأمعاء الدقيقة	ثنائي الببتيد ← كاربوكسي ببتيديزات ← أحماض أمينية حرة ثلاثي الببتيد + ثنائي الببتيد ← ببتيديزات ← أحماض أمينية حرة

٤-٣- هضم الليبيد lipid Digestion

نتناول الليبيدات ككتل من الجليسريدات الثلاثية . ويتم هضمها بصورة كبيرة في الاثني عشر بوساطة ليبيز البنكرياس جدول (٥-٤) . ومثل بقية البروتينات ، فالليبيدات تذوب في الماء ، لكن مكوناتها (substrates) لا تذوب . لهذا ؛ الإنزيم يستطيع أن يهاجم فقط تلك الجزئيات من الدهن على سطح كتلة الدهن .

وأملاح الصفراء منظفات (detergents) تقلل من التوتر السطحي (surface tension) للدهون ، إذ تحطم الكتل الكبيرة من الدهن إلى قطرات صغيرة . وهذه تزيد مساحة سطح الدهن المعرض لفعل الليبيز ، وبذلك يزيد معدل هضم الليبيد .

والظروف في الأمعاء عادة ليست مثلى لاكمال التحلل المائي لليبيدات إلى جليسرول وأحماض دهنية ، وتشمل نواتج هضم الليبيد ، جليسريدات أحادية ، وجليسريدات ثنائية ، وجليسرول وأحماض دهنية . والجليسريدات الثلاثية الباقية دون هضم تبقى كما هي ، ويمتص بعضها دون هضم .

جدول (٥-٤) ملخص لهضم الليبيد

الموقع	مصدر الانزيم أو مادة الهضم	عملية الهضم
الأمعاء الدقيقة	الكبد	كرة دهن ← (أملاح الصفراء) مستحلب دهني (جليسريدات ثلاثية)
	البنكرياس	جليسريدات ثلاثية ← (ليبيز) أحماض دهنية+ جليسرول

٤-٤-ضبط إفراز العصارة الهاضمة Control of Digestive Juice Secretion

تنتج معظم الإنزيمات الهاضمة فقط عندما يكون الطعام موجودا في القناة الهضمية . وكمية إفراز كل إنزيم يعكس الكمية اللازمة لهضم الطعام الموجود . ويتم ضبط الغدد اللعابية داخليا بوساطة الجهاز العصبي ، لكن إفراز العصارات الهاضمة الأخرى يتم ضبطها بوساطة كلا من الجهازين العصبي والهرموني . مثلا ، عصارة

المعدة تفرز استجابة لكل من الإشارات العصبية وهرمون الجاسترين . ويحفز كلتا الآليتين وجود الطعام في المعدة .

ويلخص الجدول (٥-٥) أعمال الهرمونات الرئيسة في الجهاز الهضمي .

جدول (٥-٥) هرمونات القناة الهضمية

الهرمون	المصدر	النسيج الهدف	الأفعال	العوامل التي تحفز الإفراز
جاسترين	المعدة (الطبقة المخاطية).	المعدة (غدد معدية)	يحفز الغدد المعدية لإفراز البيبسينوجين	امتلاء المعدة بالطعام، مواد معينة مثل البروتينات المهضومة جزئياً، والكفائين .
سكريتين	الإثنا عشر (الطبقة المخاطية).	البنكرياس	يحفز إفراز المكونات القاعدية في العصارة البنكرياسية	يعمل المنهضم الحامضي على الطبقة المخاطية للإثني عشر.
كوليسيستوكاينين (CCK)	الإثنا عشر (الطبقة المخاطية)	الكبد	يزيد معدل إفراز الصفراء	وجود الأحماض الدهنية، والبروتينات المهضومة جزئياً في الاثني عشر.
		البنكرياس إنزيمات الهضم	يحفز إفراز الانزيمات الهاضمة	
		الحوصلة الصفراوية	يحفز الانقباض والتفريغ	
جاسترين مثبط الببتيد.	الإثنا عشر (الطبقة المخاطية).	المعدة	يقلل نشاط حركة المعدة وبذلك يبطء التفريغ	وجود الدهن أو الكروبوهيدات في الاثني عشر.

٥٠ الامتصاص Absorption

بعد أن تحطم الإنزيمات الجزيئات الكبيرة من البروتين ، وعديدات التسكر ، والليبيدات ، والأحماض النووية إلى الوحدات المكونة لها ، فإن النواتج تُمتص خلال جدار الأمعاء الدقيقة . وهذه المواد التي يتناولها الإنسان ، هي فقط عبارة عن جزء قليل من الكمية الكلية الممتصة يوميا (نحو ١,٥ لتر من المجموع البالغ نحو ٩ لترات)

والباقي يتكون من المخاط والعصارات الهاضمة التي يفرزها الجهاز الهضمي نفسه . ومعظم المواد تمتص خلال الخملات في جدار الأمعاء الدقيقة شكل (٥-١١) . وتتكون كل خملة من طبقة واحدة من خلايا طلائية تغطي شبكة الشعيرات الدموية ووعاء مركزي ليمفاوي يسمى الوعاء اللبني (Lacteal) .

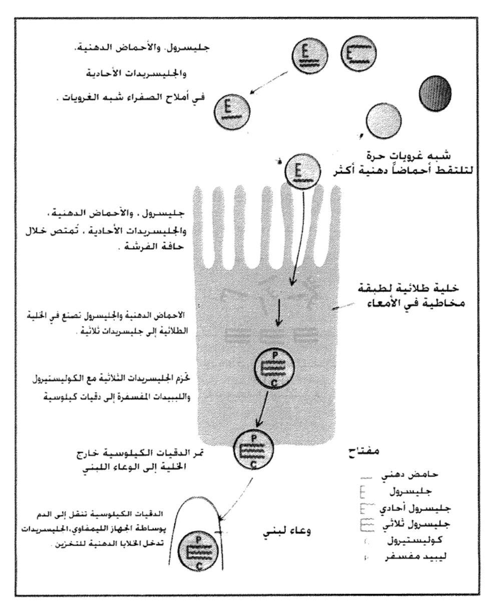
ويحدث الامتصاص في جزء بوساطة الانتشار البسيط (simple diffusion) ، ويحدث الانتشار المسهل (facilitated diffusion) في جزء آخر ، وهذا ما يحدثه النقل النشط (active transport) في جزء آخر ، ويتم امتصاص الجلوكوز والأحماض الأمينية بوساطة النقل النشط .

ويقترن امتصاص هذه المواد الغذائية مع ناقل نشط هو الصوديوم ، أما الفركتوز فيتم امتصاصه بوساطة الانتشار المسهل .

وبعد أن ينتقل الغذاء ، كالأحماض الأمينية إلى الخلايا الطلائية المبطنة للخملات ، فإنه يتجمع في الخلايا ، وبعدها ينتشر في الدم الموجود في الشعيرات الدموية للأمعاء الدقيقة .

وينقل الوريد الكبدي البابي (heparic portal vein) الأحماض الأمينية والجلوكوز إلى الكبد . وفي الكبد يكون هذا الوريد شبكة واسعة من الجيوب (sinusoids) (وهي أوعية دموية صغيرة تشبه الشعيرات الدموية) ، تسمح للدم الغني بالغذاء بالسير ببطء خلال أنسجة الكبد . وتعطي خلاياه الفرصة لإزالة الغذاء ومواد سامة معينة من الدورة .

وتمتص نواتج هضم الليبيد بعمليات وطرق مختلفة شكل (٥-١٦) . وتتحد الأحماض الدهنية والجليسريدات الأحادية مع أملاح الصفراء لتكون مواد معقدة ذائبة تسمى شبه غرويات (micelles) .



شكل (٥-١٦) نظرة شاملة على عملية امتصاص الليبيدات
بوساطة خلية طلائية تبطن الأمعاء الدقيقة

٠١ جليسرول ، والأحماض الدهنية ، والجليسريدات الأحادية ، في أملاح الصفراء شبه الغرويات .
٠٢ جليسرول ، والأحماض الدهنية ، والجليسريدات الأحادية تُمتص خلال حافة الفرشة .
٠٣ الأحماض الدهنية والجليسرول تصنع في الخلية الطلائية إلى جليسريدات ثلاثية .
٠٤ تحزم الجليسريدات الثلاثية مع الكوليستيرول والليبيدات المفسفرة إلى دقيات كيلوسية .
٠٥ تمر الدقيات الكيلوسية خارج الخلية إلى الوعاء اللبني .
٠٦ الدقيات الكيلوسية تنقل إلى الدم بوساطة الجهاز الليمفاوي ؛ الجليسريدات تدخل الخلايا الدهنية للتخزين .

وهذه تسهل الامتصاص كثيراً ، لأن شبه الغرويات تنقل المواد الدهنية إلى حواف الفرشة (brush borders) . وعندما تلامس شبه الغرويات الخلايا الطلائية للخملات ، فإن الجليسريدات الأحادية والأحماض الدهنية كليهما ذائب في ليبيد غشاء الخلية المزدوج ، تنتشر في الخلية ، تاركة بقية شبه الغرويات خلفها ليمتد مع أحماض دهنية جديدة وجليسريدات أحادية .

وفي الخلايا الطلائية ، تتحد الأحماض الدهنية والجليسرول ثانية متحولة إلى جليسريدات ثلاثية بوساطة الشبكة الاندوبلازمية . وتحزم هذه الجليسريدات الثلاثية مع الكوليسترول والليبيدات المفسفرة الممتصة إلى كرات وتغلف بطبقة رقيقة من البروتين . ويسمى البروتين الذي يغلف كرات الدهن دقيات كيلوسية (chylomicrons) . وتمر هذه الدقيات الكيلوسية خارج الخلية الطلائية إلى الوعاء اللبني في الخملات ، وتنتقل بوساطة الليمف ، ويفرغ في الواقع مع الليمف في الدم ، ويدخل نحو ٩٠٪ من الدهن الممتص الدورة الدموية بهذه الطريقة غير المباشرة . وتتبقى غالبا السلاسل القصيرة من الأحماض الدهنية مثل تلك الموجودة في الزبدة ، وتمتص مباشرة في الدم . وبعد وجبة غنية بالدهون ، يمكن أن تعطي البلازما الأعداد الكبيرة من الدقيات الكيلوسية في الدم مظهرا حليبيا معكرا لبضع ساعات .

ويمتص معظم الغذاء في المنهضم في الوقت الذي يصل فيه هذا نهاية الأمعاء الدقيقة . وما يتبقى منه (غالبا فضلات) يمر عبر عضلة عاصرة ، هي الصمام اللفائفي الأعوري (ileocecal valve) ، ومن ثم إلى الأمعاء الغليظة .

٦. خلال الأمعاء الغليظة Through the Large Intestine

تستغرق عملية وصول الطعام إلى الأمعاء الدقيقة نحو تسع ساعات ، ويمكن أن تمتد من ١-٣ أيام في بعض الأحيان . وتدفع التقلصات يوميا نحو ٥٠٠ مللتر من المنهضم المتبقي في الأمعاء الدقيقة إلى الأمعاء الغليظة التي تقوم بالأعمال الآتية :

١. تمتص الصوديوم والماء من المنهضم ، إذ يمتص الصوديوم بوساطة النقل النشط ، يتبعه الماء بوساطة الأسمزة (osmosis) . ثم يتصلب المنهضم ببطء إلى مكونات البراز الطبيعي .

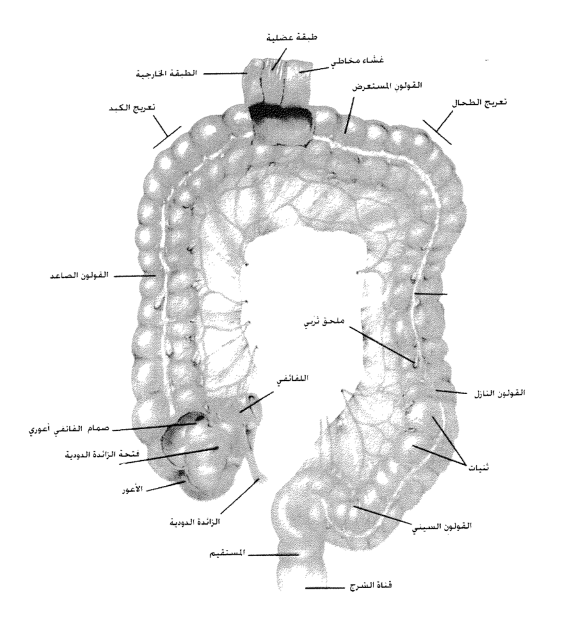
٠٢ تعيش البكتيريا في البراز الطبيعي وتكون حركة الأمعاء الغليظة بليدة ، وهذا يعطي البكتيريا فرصة لتنمو وتتكاثر فيه . وبعض أنواع البكتيريا تعيش معيشة تعاونية مع عوائلها ، فهي تنتج فيتامينات معينة (فيتامين K ، وثيامين ، ورايبوفلافين ، وفيتامين ب ١٢) مقابل السكن والغذاء على بقايا وجبة العائل . ويثبط وجود البكتيريا غير الضارة في الأمعاء الغليظة الأنواع المرضة . وقد تتزايد أعداد البكتيريا الضارة وتسبب المرض إذا اضطربت البيئة العادية للأمعاء الغليظة ، كما يحدث عند تناول المضادات الحيوية .

٠٣ يتخلص من فضلات الطعام غير المهضوم وغير الممتص ، إضافة إلى الخلايا التي تنفصل من الطبقة المخاطية للأمعاء ، حيث يتخلص منها الجسم بوساطة الأمعاء الغليظة على شكل براز .

ويجب التمييز بين العمليتين : التبرز والإخراج ، فالتبرز : هو عملية التخلص من فضلات الهضم . وهذه المواد التي لم تترك القناة الهضمية أبدا ولم تشارك في نشاطات الأيض ، في حين أن الإخراج : هو عملية التخلص من فضلات الأيض ، وهذه العملية تقوم بها الكليتان بشكل رئيس . ومع هذا فالأمعاء الغليظة تخرج أصباغ الصفراء . وتمتاز الأمعاء الغليظة بكونها أقصر من الأمعاء الدقيقة ، وأوسع قطراً منها ، وهي تشتمل على المناطق الآتية : الأعور (caecum) ، والقولون (colon) ، والمستقيم (rectum) ، وفتحة الشرج (anus) ، شكل (٥-١٧) . وسنعّرف كل منطقة تعريفا موجزا :

- **الأعور** : وهو كيس صغير يقع في الجهة اليمنى من تجويف البطن ، وتتصل به من أسفل الزائدة الدودية (vermiform appendix) التي تشبه الدودة ، وهي أنبوبة مغلقة تقريبا بحجم الإصبع الصغير .

- **القولون** : وهو أنبوبة متسعة تتصل مع الأعور وتمتد صاعدة بمحاذاة الخاصرة اليمنى وتسمى القولون الصاعد (ascending colon) ثم تنثني ؛ لتصبح أفقية وتسمى القولون المستعرض (transverse colon) ، ثم تنثني هابطة في الجهة اليسرى وتسمى القولون النازل (descending colon) ، أما المستقيم فهو الجزء الأخير من الأمعاء الغليظة وينتهي بفتحة الشرج التي تحيط بها عضلة دائرية عاصرة .



شكل (٥-١٧) الأمعاء الغليظة

وليس ثمة عمل للزائدة الدودية والمستقيم في الإنسان . في حين يبرز عمله في الحيوانات آكلة الأعشاب إذ يساعد على هضم السليولوز بوساطة البكتيريا الموجودة فيه ويتميز بالطول .

وتفرغ الأمعاء الدقيقة في القولون الصاعد نحو ٧ سم من نهايته . وعندما تصل كتلة من مادة إخراجية إلى العضلة العاصرة الضعيفة عند مدخل المستقيم ؛ تسترخي ،سامحة للبراز أن يدخل المستقيم . ويحفز انتفاخ المستقيم الأعصاب في جدرانه لتعطي اندفاعا يحدث التبرز ، وينتج عن هذا ارتخاء في العضلة العاصرة الشرجية الداخلية ، التي تتكون من عضلات ملساء (لاإرادية) . ومع هذا تبقى العضلة العاصرة الخارجية ، التي تتكون من عضلات هيكلية ، منقبضة حتى تسترخي إراديا . وبهذا نجد أن التبرز فعل انعكاسي يمكن تثبيطه إراديا بحفظ العضلة العاصرة الخارجية منقبضة .

يحتوي براز الإنسان الذي يتمتع بصحة جيدة نحو ٧٥٪ من وزنه ماء ، ويتكون الجزء الصلب من (٣٠٪) من بكتيريا حية وميتة ، أما الباقي فهو من السليولوز وبقايا طعام غير مهضوم أو ممتص ، وهو عبارة عن : خلايا ميتة ، وملح ، وأصباغ الصفراء . ويمكن أن تزداد حركة الأمعاء الغليظة بينما يقل الامتصاص فيما إذا التهبت بطانة الأمعاء الغليظة ، وفي حالة التهابات معينة ، تمر محتويات الأمعاء الغليظة بسرعة على طول الأمعاء الغليظة ، ويمتص منها فقط كمية قليلة من الماء ، وتسمى هذه الحالة الاسهال (diarhea) ، وينتج عنها إخراج متكرر وبراز سائل ، وقد ينتج عن الإسهال المستمر لمدة طويلة فقدان الماء فيصبح الجسم بحاجة إلى مواد منحلة بالماء مثل الصوديوم والبوتاسيوم . وقد يكون الإسهال وبخاصة في الرضع خطيرا ، أو حتى قاتلا . والوضع المعاكس هو الإمساك ،(constipation) ، وينتج بسبب مرور محتويات الأمعاء الغليظة ببطء شديد ، مما يؤدي إلى فقدانها كمية كبيرة من الماء . وعندها يصبح البراز صلبا جدا وجافا ، وقد ينتج الإمساك عن وجبة تحتوي أليافا قليلة .

٠٧ الخلاصة

٠١ تشتمل التغذية على العمليات الآتية : تناول الطعام وهضمه وامتصاصه واستخدامه .

٠٢ الجهاز الهضمي هو تجويف جسمي ، أو قناة لها أربع وظائف رئيسة هي :

- الحركة - الافراز - الهضم - الامتصاص

٠٣ تتكون القناة الهضمية من الأعضاء الآتية : الفم ، والبلعوم ، والمريء ، والمعدة ، والأمعاء الدقيقة ، والأمعاء الغليظة (الأعور والقولون والمستقيم وفتحة الشرج) .

٠٤ توجد غدد ملحقة بالقناة الهضمية هي : الغدد اللعابية ، والكبد ، والحوصلة المرارية ، والبنكرياس .

٠٥ يتكون جدار القناة الهضمية من التجويف إلى الخارج من الطبقات الآتية بالتتابع : الطبقة المخاطية ، والطبقة تحت المخاطية ، والطبقة العضلية ، والطبقة الخارجية .

٠٦ تخلط الانقباضات المتناسقة للطبقة العضلية للقناة الهضمية الطعام مع الافرازات (التجزيء) وتحركه إلى الأمام (التحوي) . أما العضلات العاصرة فتضبط جريان المحتويات من منطقة إلى أخرى .

٠٧ يتم تناول الطعام عن طريق الفم ، ويبدأ فيه التحطيم الآلي للطعام ، والهضم الكيميائي .

٧-١- يتكون كل سن بشكل رئيس من العاج المغطى بالميناء في منطقة التاج .

٧-٢- توجد ثلاثة أزواج من الغدد اللعابية مهمتها إنتاج لعاب يرطب الطعام ، ويحتوي أميليز اللعاب الذي يبدأ هضم الكاربوهيدرات .

٠٨ خلال البلع ، يمر الطعام من تجويف الفم عبر البلعوم إلى المريء ، ويتحرك بفعل التحوي عبر المريء إلى المعدة .

٠٩ المعدة تخزن وتخلط الطعام الذي تستقبله من المريء ، وتفرز مواد تساعد على هضم الطعام ، وضبط معدل الطعام الذي يدخل الأمعاء الدقيقة . وتتضمن إفرازات

المعدة حامض الهيدروكلوريك والإنزيمات الهاضمة للبروتين . وإنزيم الببسين يبدأ هضم البروتين . ويتحول الطعام في المعدة إلى خليط يشبه رغوة الصابون يسمى المنهضم (الكيموس) .

٠١٠ يستكمل هضم الطعام ويمتص في الأمعاء الدقيقة ، حيث يحدث معظم الهضم في الاثني عشر ، الذي يستقبل إفرازات من الكبد والبنكرياس :

١٠-١- تحتوي عصارة البنكرياس إنزيمات هاضمة للبروتين والدهون والليبيد والأحماض النووية وأميليز البنكرياس وإنزيمات أخرى .

كما تحتوي أيونات البيكربونات التي تساعد على معادلة المحتويات الحامضية التي تصل من المعدة .

١٠-٢ -يفرز الكبد الصفراء ، وهي مادة ضرورية لتحطيم الدهون وهضمه ، وهذه المادة تخزن في الحوصلة المرارية بين الوجبات .

٠١١ تُهضم عديدات التسكر متحولة إلى مالتوز بوساطة أميليز اللعاب والبنكرياس . ويُحطم إنزيم المالتيز في حواف الفرشة للأمعاء الدقيقة المالتوز محولاً إياه إلى جلوكوز وهو الناتج الرئيس لهضم الكاربوهيدات .

٠١٢ تتحطم البروتينات بوساطة الببسين في المعدة وبوساطة الإنزيمات البروتينية في عصارة البنكرياس . وثنائي الببتيدات الناتجة تتحطم بوساطة الببتيديزات الثنائية في حواف الفرشة وفي الاثني عشر . والأحماض الأمينية هي النواتج النهائية لهضم البروتين .

٠١٣ تستحلب أملاح الصفراء الليبيدات ، ويحلل الليبيز مائيا هذه الليبيدات في عصارة البنكرياس .

٠١٤ الجهاز العصبي ينظم إفراز الغدد اللعابية وينظم الجهازان العصبي ، والهرموني إفراز الإنزيمات الهاضمة الأخرى .

٠١٥يتم امتصاص معظم الغذاء المهضوم خلال خملات الأمعاء الدقيقة . وتدخل أحاديات التسكر والأحماض الأمينية الدم في حين يدخل الجليسرول ، والأحماض الدهنية والجليسريدات الأحادية الليمف .

٠١٦ تمتص الأمعاء الغليظة الصوديوم والماء من محتوياته وتتخلص من الفضلات . وتسكن البكتيريا الأمعاء الغليظة .

٨. أسئلة للتقويم الذاتي

السؤال الأول : أكمل الجمل الآتية :

١. حـــال تناول الطعـــام ، يجب أن .... وبعـــدها أن .... خلال بطانة القناة الهضمية .

٢. تسمى المنطقة الموجودة في القناة الهضمية والمختصة بالحيوانات آكلة الاعشاب .... وتعيش فيها ....

٣. تســمى البطانة الداخليــة للقناة الهــضــمــيــة اســمــا آخــر هو . ... ، وهي تحتوي خلايا تفرز مخاطا .

٤. الموجات المتناغمة من الانقباضات التي تحرك الطعام على طول القناة الهضمية تعزى لـــ ....

٥. يمر الطعام خلال البلعوم ، بعدها يدخل .... ؛ ويترك الطعام المعدة ويدخل بعدها إلى ....

٦. العصارة المعدية تفرز من .... في الطبقة المخاطية لـــ ....

٧. قناة الصفراء العامة تحمل الصفراء إلى . ...

٨. الدقية الكايلوسية هي بروتينات تغطي كرات ....

السؤال الثاني: اختر أكثر الإجابات مناسبة من العمود ب لكل تدوين في العمود أ . يمكن أن تستخدم نفس الإجابة أكثر من مرة واحدة ، ويمكن أن يكون لكل تدوين أكثر من إجابة واحدة .

العمود أ	العمود ب
٩. هرمون يحفز إفراز عصارة المعدة	أ) ببسين
١٠. يبدأ هضم البروتينات	ب) الصفراء
١١. يحطم المالتوز	جـ) ثنائي الببتيدات
١٢. يفرزه البنكرياس	د) جاسترين

١٣٠ تفرزه الخلايا الطلائية المبطنة للأمعاء الدقيقة   هـ) أميليز

١٤٠ يستحلب الدهون   و) مالتيز

٠٩ أسئلة للمراجعة

١٠ اشرح الفرق بين الهضم والامتصاص .

٢٠ ما الوظائف الرئيسة لكل من : المعدة ، والأمعاء الدقيقة ، والأمعاء الغليظة

٣٠ اذكر الطرق التي تخلط بها مواد الطعام وتدفع على طول القناة الهضمية .

٤٠اذكر أسماء خمسة هرمونات تعمل في القناة الهضمية . محددا أهدافها ووظائفها .

٥٠ أي الإنزيمات تستخدم في تحطيم كل من :

أ)عديدات التسكر ؟   ب) البروتينات؟   ج) الدهون؟

واذكر أربعة نواتج لتحطيمها تكون صغيرة بدرجة تكفي لامتصاصها خلال الطبقة المخاطية للأمعاء الدقيقة والبيئة الداخلية .

٦٠ يحتوي كأس حليب لاكتوز ، وبروتين ، وزبد الحليب ، وفيتامينات ، ومعادن . فسر ماذا يحدث لكل عنصر من هذه العناصر عندما يمر على طول قناتك الهضمية .

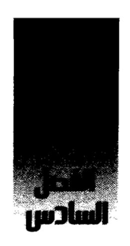
٧٠ اذكر وظائف الكبد .

٨٠ ما الذي يحول دون هضم المعدة بعصارتها ؟ماذا يحدث عندما لا تنجح آليات الحماية هذه؟

٩٠ كيف يختلف امتصاص الدهن عن امتصاص الجلوكوز؟

١٠٠ ما الفائدة من خشونة البطانة الداخلية للقناة الهضمية ؟ ما التراكيب التي تزيد مساحة سطح هذه البطانة؟

١١٠ كيف يتم تنظيم حركة الجهاز الهضمى وإفرازه؟ أعط أمثلة دقيقة .



الجهاز التنفسي

Respiratory System

المحتويات

٠٧ تنظيم التنفس
٠٨ الخلاصة
٠٩ أسئلة للتقويم الذاتي
٠١٠أسئلة للمراجعة

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن :

٠١ تتبع تنفس الهواء خلال الجهاز التنفسي من فتحتي الأنف الخارجيتين إلى الحويصلات الهوائية .

٠٢ تناقش تسلسل الأحداث التي تحدث في عملية التنفس .

٠٣ تحدد مختلف حجوم الهواء في الجهاز التنفسي وتعرفها .

٠٤ تشرح دور الهيموجلوبين في نقل الأكسجين ، وتذكر العوامل المحددة والمؤثرة في منحنى انفصال الهيموجلوبين - أكسجين .

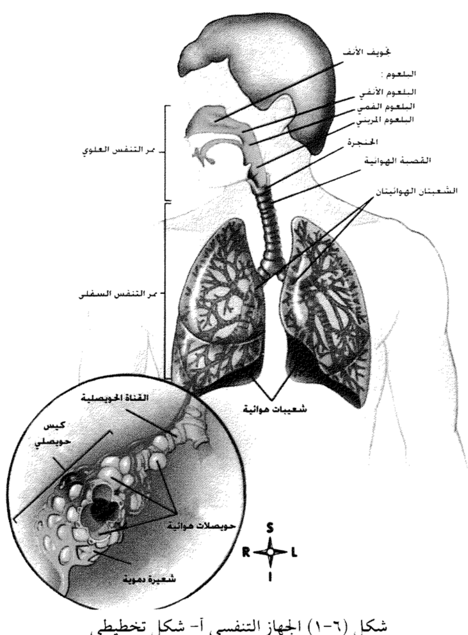
٠٥ تصف تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الرئتين الأنسجة .

٠٦ توضح آليات انتقال ثاني أكسيد الكربون في الدم .

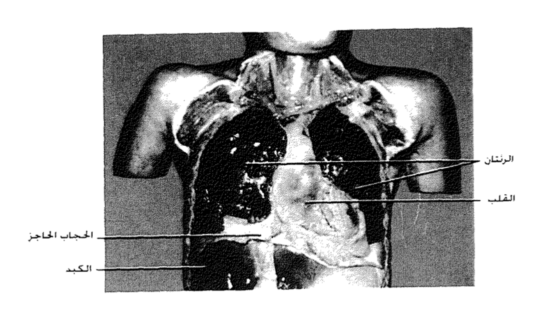
٠٧ تناقش عملية تنظيم التنفس .

١٠ تركيب الجهاز التنفسي

يتكون الجهاز التنفسي من الرئتين وجهاز أنابيب يصل خلالها الهواء إلى الرئتين شكل (٦-١) .



شكل (٦-١) الجهاز التنفسي أ- شكل تخطيطي

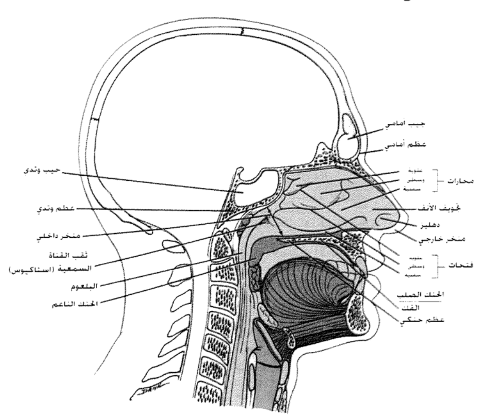


شكل (٦-١) ب- صورة [illegible]

٦-١-١ الأنف Nose

يدخل الهواء إلى الجسم من فتحتي الأنف الخارجيتين (nostrils) وهما تفتحان على تجويفي الأنف (nasal cavities) . ويفصل تجويف الأنف حاجز رأسي غضروفي من الأمام وعظمي من الخلف . ويمتد تجويف الأنف الواسع إلى أعلى حتى سقف الجمجمة وإلى الخلف حتى البلعوم ، وتشكل قاعدته الحنك (سقف الحلق) (Palate) الذي يفصله عن تجويف الفم ، ويفتح تجويف الأنف إلى الخلف من البلعوم بوساطة فتحتي الأنف الداخليتين . ويمتد من الجدار الجانبي لكل تجويف أنفي ، ثلاثة بروزات عظمية تسمى محارات (conchae) ، وهذه المحارات تزيد مساحة السطح الذي يمر عنه الهواء في تجويفي الأنف ، ويوجد عضو الشم الطلائي (olfactory epitheluim) على سقف تجويف الأنف . ويبطن تجويفي الأنف والمحارات نسيج طلائي مهدب به غدد مخاطية وخلايا مهدبة وأوعية دموية شكل (٦-٢) .

وتفرز الغدد المخاطية أكثر من ٤٠٠ مللتر مخاطا يوميا ، ويعمل هذا المخاط على ترطيب الهواء الداخل للأنف ، والتقاط الأوساخ من هواء الشهيق ، وتتحرك أهداب الخلايا المهدبة إلى أعلى ؛ لتدفع المخاط وما علق به من أوساخ باتجاه الحنجرة (throat or larrynx) ، وتبتلع مع اللعاب . ويتم التخلص منها عن طريق الجهاز الهضمي ؛ وبذلك يبقى الجزء السفلي الحساس من الجهاز التنفسي محميا من المواد الغريبة التي تسبب الالتهابات . وتعمل الأوعية الدموية على تدفئة الهواء الداخل . ويتصل تجويفا الأنف مع جيوب أنفية (sinuses) . وهي عبارة عن تجاويف صغيرة في عظام الجمجمة ، مبطنة بنسيج طلائي ينتج مخاطا يصب في الأنف . وعندما تتسع الأوعية الدموية في الجيوب الأنفية ، أو في تجويفي الأنف خلال العدوى بمرض ، أو حساسية ، يتجمع السائل في هذه الأنسجة التي تتورم وتنتفخ ، ويشعر المصاب ببرد تصحبه حمى .



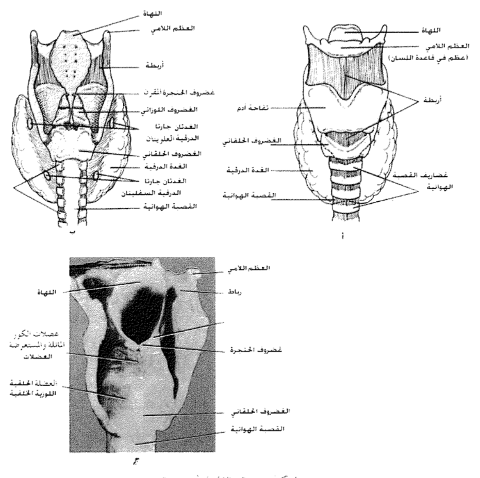
شكل (٦-٢) الأنف (الجهة اليسرى) كما يظهر في قطاع طولي ، مع إزالة الحاجز الأنفي .

١-٢- البلعوم Pharynx

يمر الهواء من فتحتي الأنف الخارجيتين إلى البلعوم ، وإذا دخل الهواء من الفم يمر أيضا إلى البلعوم ، لكن التنفس من الأنف أفضل ؛ لأن الهواء المار من الأنف يصفى من الغبار والأوساخ ، ويرطب ، ويسخن إلى درجة حرارة الجسم . وعلينا أن نتذكر وجود فتحة في أرض البلعوم تؤدي إلى الحنجرة .

١-٣- الحنجرة Throat or Larynx

تعتبر الحنجرة عضو الصوت ، وهي صندوق صغير ، تتكون جدرانها من ثلاثة غضاريف ، علوي وحلقي وخلفي شكل (٦-٣) . ويتميز الغضروف العلوي بأنه ناقص الاستدارة من الخلف وعريض بارز من الأمام ، ويبرز في العنق من الأمام جزء من هذا الغضروف في الرجال أكثر منه في النساء ؛ ولذلك يدعى تفاحة آدم . أما الغضروف الحلقي فيقع خلف الغضروف العلوي ويتميز بأنه كامل الاستدارة . أما الغضروف الخلفي فيتكون من قطعتين مثلثتي الشكل ترتكزان على الغضروف الحلقي من الخلف . ويبطن تجويف الحنجرة غشاء مخاطي يمتد ملتويا على شكل زوجين من الالتواءات : زوج علوي يدعى الحبلين الصوتيين العلويين ، وزوج سفلي يدعى الحبلين الصوتيين السفليين ، وهذه الحبال الصوتية عبارة عن ثنيات من نسيج تمتد بين الغضروفين الخلفي والعلوي . والحبلان الصوتيان العلويان لا أثر لهما في حدوث الصوت ، بينما تمتد ألياف عضلية مرنة في الحبلين الصوتيين السفليين فيصبحان غشائين عضليين ينشأ عن اهتزازهما الصوت . ويترك زوجا الالتواءات (الحبال الصوتية) فتحة مثلثة الشكل تعرف بالمزمار (glottis) ، يحرسها من أعلى غطاء غضروفي يشبه الملعقة يسمى لسان المزمار (epiglottis) ، يعمل بصورة آلية على سد فتحة المزمار عند بلع الطعام حتى لا يدخل الطعام ، أو الشراب مجرى التنفس . وإذا فشلت الحركة الآلية صدفة ، ودخل الطعام إلى الحنجرة ، أو عند ملامسة أي جسم غريب للحنجرة ، تبدأ السعلة الانعكاسية ، وتقذف المادة الغريبة بعيدا عن الجهاز التنفسي ، وإذا لم تستطع السعلة دفع الطعام ، أو المادة التي دخلت الحنجرة ، يمكن أن يؤدي ذلك إلى الاختناق (choking) ويمر الهواء من الحنجرة إلى القصبة الهوائية .



شكل (٦-٣) الحنجرة

أ- شكل تخطيطي لمنظر أمامي ب- شكل تخطيطي لمنظر خلفي

ج- صورة فوتوغرافية لمنظر خلفي

١-٤- القصبة الهوائيه Trachea

وهي أنبوبة أسطوانية الشكل يتراوح طولها بين ١٠-١٢سم . ويتكون جدارها من حلقات غضروفية ناقصة الاستدارة من الخلف في الجهة الملاصقة للمريء حيث تسمح له بالتمدد عند مرور الطعام فيه . وتعمل الحلقات الغضروفية على جعل القصبة الهوائية مفتوحة دائما . والقصبة الهوائية مثبتة بأنسجة غضروفية تحافظ عليها من الانطواء . ويبطن القصبة الهوائية غشاء مخاطي تحتوي خلاياه السطحية أهدابا تدفع المخاط وما يعلق به نحو الفم . وتتفرع القصبة الهوائية عند مستوى الضلع الأول

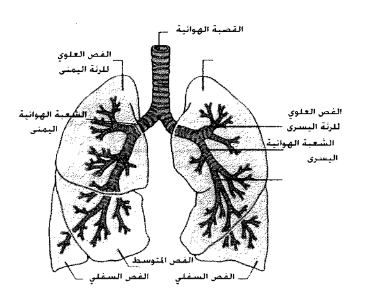
(مستوى الفقرة الرابعة من فقرات العنق في العمود الفقري) إلى شعبتين هوائيتين شكل (٦-٤) .

١-٥- الشعبتان الهوائيتان Bronchi

وهما أنبوبتان جدرانهما مبطنة بغشاء مخاطي به أهداب ، والشعبتان مقويتان بحلقات غضروفية كاملة الاستدارة تبقيان الشعبتان الهوائيتان مفتوحتان على الدوام . وتدخل كل شعبة هوائية (bronchus) إلى الرئة المقابلة ، حيث تتشعب إلى فروع تصغر تدريجيا إلى أن تصل بعد عدة تفرعات إلى شعيبات هوائية (bronchioles) ، وهذه الشعيبات تتخلل جميع أجزاء الرئة شكل (٦-٤) . ولا يوجد في جدران الشعيبات الهوائية غضاريف ، لكن يوجد بها نسيج عضلي . وتنتهي كل شعيبة إلى كيس مستطيل يعرف بالقناة الحويصلية (alveolar duct) ، يفتح فيها عدد كبير من الأكياس الهوائية (air sacs) ، ويوجد بداخلها تجاويف هوائية دقيقة مملوءة بالهواء تعرف بالحويصلات الهوائية (alveoli) ، يصل عددها في الرئتين إلى نحو ثلاثة ملايين حويصلة هوائية ، وتعطي هذه الحويصلات الرئتين قوامهما الاسفنجي وتزيد مساحة سطحيها ، وهي المراكز المهيمنة على تبادل الغازات . وجدران الحويصلات الهوائية رقيقة جدا ، إذ يبلغ سمكها خلية واحدة فقط ، وتسمح بانتشار الغازات شكل(٦-١) ، وتحاط كل حويصلة بشبكة من الشعيرات الدموية . وبذلك يفصل الهواء داخل الحويصلات الهوائية عن الدم غشاءان : النسيج الطلائي المبطن لجدار الحجرة الهوائية ، وبطانة الشعيرات الدموية .

والجدير بالذكر أنه لا يوجد مخاط ولا خلايا مهدبة في الشعيبات الهوائية ، أو في الأكياس الهوائية ، ويمكن للأجزاء الغريبة مثل دخان السجائر التي تصل الأكياس الهوائية أن تبقى هناك ، أو تلتهمها خلايا أكول .

ومثل هذه الخلايا الأكول قد تتجمع في العقد الليمفاوية في الرئتين وتشوهها .



شكل (٦-٤)ممرات الهواء إلى الرئتين

١-٦- الرئتان Lungs

هما عضوان نسجيهما إسفنجي مرن ، ولونهما قرنفلي في الأطفال ، ورمادي يقتم تدريجيا كلما تقدم الإنسان في العمر . وتقع الرئتان في التجويف الصدري ، يفصل بينهما القلب .

والرئة هرمية الشكل ، تستند قاعدتهما إلى الحجاب الحاجز (diaphragm) الذي يكون محدبا في اتجاه الرئتين ، ومقعرا في اتجاه تجويف البطن . والرئة اليمنى أكبر من الرئة اليسرى ، حيث تتكون الرئة اليمنى من ثلاثة فصوص ، والرئة اليسرى من فصين شكل (٦-٤) . وينقسم كل فص إلى نحو ٢٠٠ فصيص ، وتحتوي هذه الفصيصات الحويصلات الهوائية . ويحيط بكل رئة وبالتجويف الصدري غشاء ، وهو عبارة عن طبقة رقيقة من نسيج طلائي أملس يسمى بلورا (pleura) والفراغ بين البلورا التي تغطي الرئتين والبلورا التي تغطي التجويف الصدري يسمى حيز البلورا (pleura space) ، يملأه سائل لزج قليلا يسمى سائل البلورا ، ويعمل هذا السائل على تسهيل حركة الغشائين وترطيبهما ؛ ليقلل من الاحتكاك بين جدران الرئة وجدران الصدر . وفي أثناء التنفس تنزلق الطبقات فوق بعضها بحيث تملأ الرئتان

دائمـاً كل التجـويف الصـدري . وينتج التـهـاب البلورا (pleurisy) عن إفـراز السـائل داخل الحيز البلوري ، مسببا ألما في أثناء التنفس .

لا يوجد أي اتصال للتجويف الصدري المغلق مع الجو الخارجي ، أو أي تجويف في الجسم ، ويحيطه من الأعلى والجانبين ، جدار الصدر الذي يحتوي الضلوع ، ويحيطه من الأسـفل الحجاب الحاجز . ولهـذا لا يتصل حيز البلورا المحكم الإغلاق مع أي من تجاويف الجسم الأخرى ، ولا يسـمح إحكامه هذا للهـواء بالنفـاذ إلى داخله تحت الظروف الطبيـعية ، وتعد هذه صفـة جوهرية أسـاسـية لا يمكن أن تتـم عمليـة التنفس الخارجي دون توافرها .

وبهذا تتكون كل رئة من شعيبات هوائيـة ، وأكياس هوائيـة ، وحويصـلات هوائيـة ، وشبكة شعيرات دموية ، جميعها مـدعمة بنسيج ضام غني بألياف مرنة . كما تحتوي الرئة أنسجـة ليمفاوية وأعصابا . ومسـاحة السطح الموجود في الرئة لتبادل الغـازات كـبير جدا ، أكثر ٥٠ ضعفا من مساحة الجلد . والجدول (٦-١) يوضح مرور الهـواء من الأنف (أو الفم) إلى الحويصلات الهوائية .

جدول (٦-١) مرور الهواء من الأنف (أو الفم) إلى الحويصلات الهوائية

التركيب	الوظيفة
تجويف الأنف	ينقي ، ويدفئ ، ويرطب
البلعوم	يوصل إلى الحنجرة
المزمار	يسمح بمرور الهواء
الحنجرة (صندوق الصوت)	إنتاج الصوت
القصبة الهوائية	مرور الهواء إلى التجويف الصدري
الشعيبات الهوائية	مرور الهواء إلى كل حويصلة هوائية
الحويصلات الهوائية	أكياس هوائية لتبادل الغازات

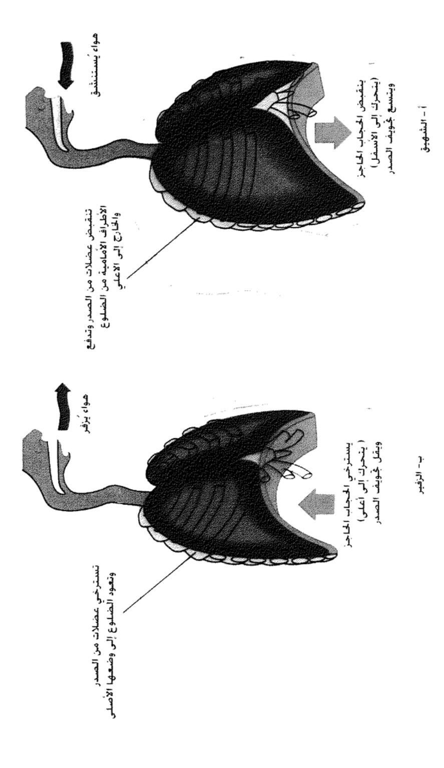
٢ . آليات التنفس The Mechanics of Breathing

التنفس : هو عملية آلية تُدخل الهواء إلى الرئتين - الشهيق (inspiration or inhalation) - وتخرجه منها ثانية - الزفير (expiration or exhalation) - ويتحرك الأكسجين باستمرار من الهواء الموجود في الحويصلات الهوائية إلى الدم ، بينما يتحرك ثاني أكسيد الكربون باستمرار من الدم إلى الحويصلات الهوائية .

ولضرورة وجود الأكسجين يجب أن يستبدل هواء الحويصلات الهوائية بهواء جديد نقي . وتختلف دورة التنفس من شهيق وزفير في أثناء الراحة اختلافا واضحا حسب العمر .

وتتراوح في الأطفال المولدين حديثا ما بين ٣٠-٤٠ مرة في الدقيقة ، ونحو ١٦ مرة في الدقيقة في الشخص البالغ .

تتحرك الضلوع (ribs) ، وعضلات القفص الصدري والحجاب الحاجز بسهولة ، وتتصل بالضلوع مجموعتان من العضلات تعمل إحداهما عند انقباضها على تحريك القفص الصدري إلى أعلى وإلى الخارج ، وتعمل الأخرى على تحريكه إلى أسفل وإلى الداخل . وهذه الحركة ممكنة ؛ لأن الضلوع تتصل مع فقرات العمود الفقري بما يشبه العلاّقات شكل (٦-٥) ، ويكون الحجاب الحاجز في أثناء ارتخائه محدبا إلى أعلى داخل التجويف الصدري .



شكل (٦-٥) التنفس (أ) الشهيق (ب) الزفير

وتحدث آلية التنفس على النحو الآتي :

٢-١- الشهيق Inspiration

في أثناء الشهيق تنقبض عضلات معينة من القفص الصدري ، وتدفع الأطراف الأمامية من الضلوع إلى الأعلى والخارج شكل (٦-٥ أ) . وعندما ينقبض الحجاب الحاجز يتسطح ضاغطا على الكبد والمعدة والأمعاء إلى أسفل وإلى الأمام ، ويدفع جدار البطن إلى الخارج ، فيتسع تجويف الصدر نتيجة هذه التغيرات . ومن ثم يسحب سائل البلورا الغشاء البلوري للرئة إلى الخارج على طول جدران الصدر . وبهذا يزداد حجم الرئة ، ويقل ضغط الهواء داخلها إلى ٢-٣ م زئبق تحت الضغط الجوي ، ونتيجة لذلك تتسع الحويصلات الهوائية في الرئة دافعة الهواء داخلها عبر جهاز الأنابيب الذي يوصل الهواء إلى الرئتين ؛ حتى يتساوى الضغط الجوي وضغط الهواء في الرئتين .

٢-٢- الزفير Expiration

يحدث الزفير عندما تسترخي عضلات الصدر والحجاب الحاجز . فعند استرخاء عضلات الصدر ، تعود الضلوع إلى وضعها الأصلي شكل (٦-٥ ب) . ويسمح استرخاء الحجاب الحاجز للأعضاء البطنية أن تدفعه إلى الوراء والأعلى فيرجع إلى وضعه المحدب الأصلي . فيقل حجم التجويف الصدري ويزيد الضغط في الحيز البلوري حول حويصلات الرئة ، التي تنكمش زافرة الهواء الذي استنشق وتعيد الضغط إلى مستوى الضغط الجوي .

وبهذا تمتلئ ملايين الحويصلات الهوائية بالهواء في أثناء الشهيق ، بينما يندفع الهواء خارج الحويصلات الهوائية في أثناء الزفير .

٠٣ كمية هواء التنفس

تسمى كمية الهواء التي تدخل إلى الرئتين وتخرج منهما مع كل دورة تنفس طبيعي ، الحجم المدّي (tidal volume) . وتقدر سعة الرئتين معا بنحو ستة لترات ، والحجم المدّي الطبيعي للذكر البالغ الصغير نحو ٥٠٠ ملل . وتسمى الكمية العظمى

من الهواء الذي يزفرها الإنسان بعد أن تمتلئ الرئتان إلى أقصى حد ، السعة الحيوية (vital capacity) ، وهي أكبر من الحجم المدّي . وهذا يعني أن الرئتين لا تفرغان تماما من الهواء غير النقي ، وتمتلآن بالهواء النقي مع كل تنفس . ولهذا السبب تحتوي الحويصلات الهوائية أكسجينا أقل من الهواء الجوي وثاني أكسيد الكربون أكثر من الهواء الجوي . (جدول ٦-٢) ويفقد هواء الزفير أقل من ربع أكسجينه ، ويمكن أن يعاد تنفسه ثانية ، وهذا جيد لهواء الناس الذين هم بحاجة إلى عملية (أو آلية) تنفس فم لفم لإنعاشهم .

جدول (٦-٢) مكونات هواء الشهيق والزفير والحويصلات

	أكسجين	ثاني أكسيد الكربون	نيتروجين	بخار ماء
هواء الشهيق	٢٠,٩	٠,٠٤	٧٩	متغيرة
هواء الزفير	١٦	٣,٦٠	٧٥	٦,٥ (مشبع)
هواء الحويصلات	١٤	٥,٦٠	٧٩	٦,٥ (مشبع)

ويشتمل هواء الزفير هواء الفراغ الميت (dead space) ، الذي يشغل ممرات التنفس في الأنف والبلعوم والحنجرة والقصبة الهوائية والشعب الهوائية ، ولا تحدث فيه عملية تبادل غازات ، ويقدر هذا بنحو ١٥٠ مللي . ويقدر هواء الحويصلات بنحو ٣٥٠ مللي . وهواء الزفير = هواء الفراغ الميت + هواء الحويصلات نحو ٥٠٠ مللي .

٤ . تبادل الغازات في الرئتين Exchange of Gases in the lungs

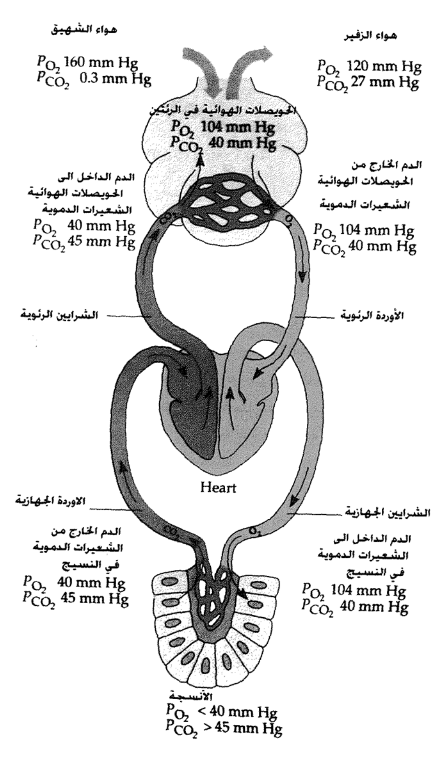
يحدد ضغط الغاز (تركيزه) اتجاه انتشار الغاز ، حيث ينتشر من منطقة الضغط العالي (الأعلى تركيزا) إلى منطقة الضغط المنخفض (الأقل تركيزا) .

والضغط الجزئي لأكسجين الجو على سطح البحر نحو ١٦٠ مم زئبق ، ولثاني أكسيد الكربون نحو ٠,٣ مم زئبق .

والضغط الجزئي للأكسجين في الحويصلات نحو ١٠٤ م زئبق ، ولثاني أكسيد الكربون نحو ٤٠ م زئبق .

أما في الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلات الهوائية ، فإن الضغط الجزئي للأكسجين نحو ٤٠ م زئبق في الوقت الذي يكون فيه الضغط لثاني أكسيد الكربون نحو ٤٥م زئبق . لذا ينتشر الأكسجين من الحويصلات الهوائية إلى الشعيرات الدموية ، في حين يمر ثاني أكسيد الكربون من الشعيرات الدموية إلى الحويصلات الهوائية شكل (٦-٦) . ومما يساعد على هذا الانتشار رقة جدران الحويصلات الهوائية والشعيرات الدموية ، إضافة إلى أن السائل الذي يبلل سطح الحويصلات الهوائية يذيب غازي الأكسجين وثاني أكسيد الكربون . ويسمى تبادل الغازات بين الحويصلات الهوائية والدم بـ «التنفس الخارجي» (external respiration) . ويكون الضغط الجزئي للأكسجين في الدم الشرياني (الشعيرات الدموية) نحو ١٠٤م زئبق ، وفي الأنسجة يتراوح ما بين صفر - ٤٠ م زئبق ؛ لذلك ينتشر قسم من الأكسجين من الشعيرات الدموية إلى الأنسجة ، ويمر الدم سريعا جدا خلال الشعيرات الدموية للأنسجة ؛ ليصل إلى حالة الاتزان ؛ لهذا يكون الضغط الجزئي للأكسجين الوريدي الذي يعود إلى الرئتين نحو ٤٠ م زئبق . وينتج عن الأيض المستمر للجلوكوز والمواد الأخرى في الخلايا ثاني أكسيد الكربون واستهلاك الأكسجين .

وباستمرار يتركز الأكسجين في الخلايا أكثر مما يتركز في الشعيرات الدموية التي تدخل الأنسجة ، ويتركز ثاني أكسيد الكربون في الخلايا أقل مما يتركز في الشعيرات الدموية ؛ ولهذا ينتشر الأكسجين من الشعيرات الدموية إلى الخلايا ، ويتحرك ثاني أكسيد الكربون من الخلايا إلى الدم عندما يدور الدم في الشعيرات الدموية في الأنسجة مثل الدماغ أو العضلات ،ولكن لا يحدث هذا التبادل مباشرة ، وإنما عن طريق الليمف الذي يعمل بوصفه وسيطا بين الدم والخلايا ، ويسمى تبادل الغازات بين الدم والأنسجة «التنفس الداخلي أو النسيجي» (internal or tissue respitation) .



شكل (٦-٦) غازات التنفس المحمولة وغير المحمولة

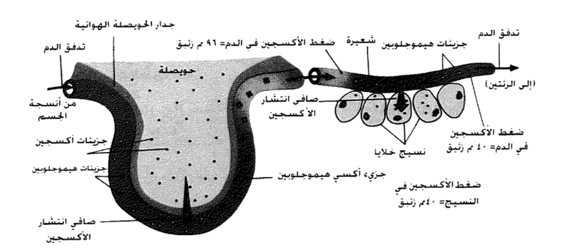
وبعبارة ملخصة ووجيزة تتم عملية تبادل الغازات كما يأتي : ينتشر الأكسجين من الهواء إلى الدم ومن ثم إلى سائل الأنسجة ، ويستخدم في النهاية في الخلايا . وينتشر ثاني أكسيد الكربون من الخلايا التي نتج فيها خلال سائل الخلايا إلى الدم ومن ثم إلى الرئتين وبعدها يطرد خارج الجسم .

٠٥ نقل الأكسجين Oxygen Transport

تستهلك خلايا الجسم في وقت الراحة ٢٥٠ ملل من الأكسجين كل دقيقة ، أو نحو ٣٠٠ لتر في كل ٢٤ ساعة . وتزداد هذه النسبة نحو (١٠-١٥) ضعفا في حالة التمارين الرياضية أو العمل .

وينتقل الأكسجين من الرئتين إلى خلايا الجسم مذابا في بلازما الدم ؛ ولأن ذوبانه قليل جداً ؛ وينتقل منه نحو ٣٪ فقط مذابا في بلازما الدم . أي ٠,٢٥ ملل أكسجين لكل ١٠٠ ملل من الدم .

وينتقل نحو ٩٧٪ من الأكسجين داخل كريات الدم الحمراء متحدا مع الهيموجلوبين صبغة التنفس . أي نحو ٢٠ ملل أكسجين لكل ١٠٠ ملل من الدم شكل (٦-٧) .



شكل (٦-٧) نقل الأكسجين

أما الهيموجلوبين فهو عبارة عن بروتين ، يتكون من ٩٦٪ جلوبين و٤٪ هيم . والجلوبين بروتين بسيط يتكون من أربع سلاسل من الببتيد ، اثنتين ألفا واثنتين بيتا . وتتصل بها أربع حلقات من الهيم (بورفيرين) . وترتبط ذرة حديد في مركز كل حلقة هيم . ويوجد الحديد دائماً في الهيموجلوبين على شكل حديدوز (ثنائي التكافؤ) .

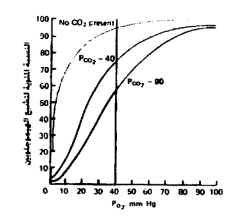
ويتحد الهيموجلوبين مع الأكسجين اتحادا كيميائيا ضعيفا ، ويرتبط جزيء أكسجين مع كل ذرة من ذرات الحديد الأربع في الرئتين مكونا أكسي هيموجلوبين (HbO_2) (oxyhemoglobin) .

$$Hb + O_2 \rightleftarrows HbO_2$$

ويسير التفاعل إلى اليمين في الرئتين مكونا أكسي هيموجلوبين ، وإلى اليسار مطلقا أكسجينا . والأكسي هيموجلوبين قرمزي زاه ، ويعطي الدم الشرياني لونه ، أما الهيموجلوبين المختزل فهو أرجواني اللون، ويعطي الدم الوردي لونا غامقا .

ويتأثر اتحاد الأكسجين مع الهيموجلوبين وانطلاقه منه بعدة عوامل منها : تركيز الأكسجين وتركيز ثاني أكسيد الكربون ، ودرجة الحموضة (pH) ، ودرجة الحرارة .

وتوضح منحنيات انفصال الهيموجلوبين - الأكسجين في شكل (٦-٨) عند زيادة تركيز الأكسجين ، تجده زيادة تصاعدية في كمية الهيموجلوبين التي تتحد مع الأكسجين ، وهذا يعرف بنسبة تشبع الهيموجلوبين . وتكون هذه أعلى ما يمكن في الشعيرات الدموية في الرئة حيث يصبح تركيز الأكسجين أعلى ما يمكن . ويوجد أكسجين أقل في الشعيرات الدموية للأنسجة (الخلايا) ، وانفصال الأكسي ، هيموجلوبين يطلق الأكسجين ، وبهذا تقل نسبة تشبع الهيموجلوبين .



شكل (٦-٨) منحنيات انفصال الأكسجين

ويتأثر انفصال الأكسي هيموجلوبين بصورة رئيسة بتركيز الأكسجين ، ويتأثر أيضا بتركيز ثاني أكسيد الكربون . ويتفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الماء في البلازما مكونا حامض الكاربونيك (H_2CO_3) . وزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون تزيد الحموضة ، في حين تقلل من درجة حموضة الدم . وينفصل الأكسي هيموجلوبين بسهولة في الوسط الحامضي .

اللاكتيت (lactate) الذي تطلقه العضلات النشطة يقلل أيضا درجة حموضة الدم وله نفس التأثير في منحنى انفصال الهيموجلوبين الأكسجين . ويتغير منحنى انفصال الأكسي هيموجلوبين بتغير درجة الحموضة ويعرف بتأثير بور (Bohr effect) .

وينتقل بعض ثاني أكسيد الكربون بوساطة جزيء هيموجلوبين . وبالرغم من ارتباطه بالهموجلوبين بطريقة مختلفة وعلى موقع مختلف عن الأكسجين فإن اتصال جزيء ثاني أكسيد الكربون بالهيموجلوبين يسبب تحرر جزيء أكسجين من الهيموجلوبين . وبهذا يؤثر في تركيز ثاني أكسيد الكربون في منحنى انفصال الهيموجلوبين - الأكسجين بطريقتين . وهذا ناشئ من جهاز كفوء جداً في الشعيرات الدموية في الرئتين يكون تركيز ثاني أكسيد الكربون نسبياً منخفضاً وتركيز الأكسجين عالياً ؛ لذلك يشبع الأكسجين بنسبة مئوية عالية من الهيموجلوبين . وفي الشعيرات الدموية في الأنسجة ، وبسبب تركيز ثاني أكسيد الكربون العالي وتركيز الأكسجين المنخفض ؛ يتحرر الأكسجين من الهيموجلوبين .

٦. نقل ثاني أكسيد الكربون Carbon Dioxide Transport

عندما يدخل ثاني أكسيد الكربون إلى الدم ، تذوب نسبة مئوية قليلة تقدر بنحو ٧٪ في بلازما الدم ومعظمها يدخل خلايا الدم الحمراء ، حيث يساعد وجود إنزيم كاربونيك أنهايدريز (carboinc anhydrase) على التفاعل الآتي :

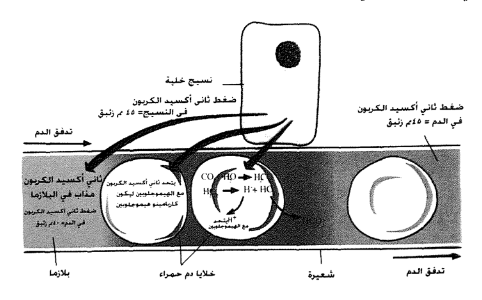
$$CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{كاربونيك أنهايدريز}} H_2CO_3 + H^+ + HCO_3^-$$

ويحدث هذا التفاعل ببطء في البلازما ، في حين تسرع كاربونيك أنهايدريز في خلايا الدم الحمراء معدل التفاعل نحو ٥٠٠٠ مرة . (ويسرع أيضاً التفاعل المنعكس في الرئتين بالعامل نفسه) .

ومعظم أيونات الهيدروجين التي تتحرر من حامض الكاربونيك تتحد مع الهموجلوبين . وتنتشر عدة أيونات من البايكربونات – (HCO_3) إلى بلازما الدم . كما تنتشر أيونات الكلور (CL^-) إلى خلايا الدم الحمراء ؛ لتحل محل أيونات البايكربونات . وتعرف هذه العملية بانتقال الكلور (chloride shift) .

ويتحد بعض ثاني أكسيد الكربون الذي يدخل خلايا الدم الحمراء مع الهيموجلوبين . مكونا مركب كاربا مينو هيموجلوبين (carbamino heamoglobin) ، والرابطة بين الهيموجلوبين وثاني أكسيد الكربون ضعيفة جدا ، لذلك ينعكس التفاعل بسرعة . وينتقل نحو ٧٠٪ من ثاني أكسيد الكربون على شكل أيونات بايكربونات . ونحو ٢٣٪ يتحد مع الهيموجلوبين ، و ٧٪ يذوب في بلازما الدم شكل (٦-٩) .

أي حالة (مثل ذات الرئة) (pneumonia) تتدخل بإزاحة ثاني أكسيد الكربون من الرئتين تؤدي إلى زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون على شكل حامض كاربونيك وأيونات بايكربونات في الدم . وتسمى هذه الحالة حُماض التنفس (respiratory acidosis) مع أن درجة حموضة الدم في الحقيقة ليست حامضية في هذه الحالة ، وهي أقل من الطبيعي .



شكل (٦-٩) نقل ثاني أكسيد الكربون

٧- تنظيم التنفس Regulation of Respiration

ينظم التنفس مراكز توجد في النخاع المستطيل (medulla)، والقنطرة في الدماغ (pons of the brain)، ومراكز التنفس عبارة عن مجموعات من العصبونات (neurons) والتشابكات العصبية (synapses)، تستقبل معلومات عن التنفس، وترسل رسائل إلى عضلات التنفس في الحجاب الحاجز والضلوع.

وتزيد سرعة التنفس أو تقل تبعا لحاجة الجسم إلى الطاقة للقيام بوظائفه الحيوية. وتؤدي زيادة التركيز في ثاني أكسيد الكربون إلى زيادة أيونات الهيدروجين من حامض الكاربونيك. وتوجد نهايات أعصاب متخصصة تسمى مستقبلات كيميائية (chemoreceptors) في النخاع المستطيل وجدران الأورطة وشرايين القلب. وهي حساسة لتغير تركيز أيونات الهيدروجين. وأية زيادة في تركيز ثاني أكسيد الكربون تحفز هذه المستقبلات الكيميائية وتسبب زيادة في معدل التنفس وعمقه. وعند زوال ثاني أكسيد الكربون من الرئتين، ينخفض تركيز أيونات الهيدروجين في الدم وسوائل الجسم الأخرى، ويعود الاتزان البدني (homeostasis). وبعد ذلك لاتثار مراكز التنفس لفترة طويلة ويرجع معدل التنفس وعمقه إلى الحالة الطبيعية.

ويؤثر نقص الأكسجين أيضا في معدل التنفس. عندما يقل الضغط الجزئي للأكسجين بصورة ملحوظة، تثار المستقبلات الكيميائية في الأورطة والقلب، وترسل رسائل إلى مراكز التنفس لتزيد معدل التنفس. ومن الغريب أن تركيز الأكسجين لا يؤثر في مراكز التنفس بصورة مباشرة. فمثلا ليس لتركيز الأكسجين أي دور مهم في تنظيم تنفس الشخص المتمتع بصحة جيدة ويقطن في مستوى البحر.

٠٨ الخلاصة

٠١ يتكون الجهاز التنفسي من الرئتين ومن جهاز أنابيب يصل خلالها الهواء إلى الرئتين . ويمر الهواء الجوي من فتحتي الأنف الخارجيتين ، والبلعوم ، والحنجرة ، والقصبة الهوائية ، والشعبتين الهوائيتين ، والشعيبات الهوائية ، والأكياس الهوائية ، والحويصلات الهوائية .

٠٢ في أثناء التنفس ينقبض الحجاب الحاجز وعضلات الضلوع ؛ فيتسع تجويف الصدر . وتتحرك الجدران الغشائية للرئتين إلى الخارج مع جدران الصدر ؛ وبهذا يقل الضغط في الرئتين ويندفع الهواء من خارج الجسم عبر ممرات التنفس ؛ ليملأ الرئتين حتى يتساوى الضغط داخلها مع ضغط الهواء الجوي .

٠٣ الحجم المدّي هو حجم الهواء الذي يتحرك إلى الرئتين ومنهما مع كل تنفس طبيعي . ولا يستطيع الإنسان زفر السعة الحيوية التي تعد أكبر حجماً من الهواء وذلك بعد امتلاء الرئتين إلى أقصى حد .

٠٤ يتم تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين الحويصلات الرئوية والدم بالانتشار .

٠٥ ينتقل نحو ٩٧٪ من الأكسجين في الدم كأكسي هيموجلوبين ، ونحو ٣٪ مذابا في بلازما الدم .

٠٦ عندما يزداد تركيز الأكسجين ، تزداد كمية الهيموجلوبين التي تتحد معه زيادة تصاعدية .

٠٧ ينفصل الأكسي هيموجلوبين بسهولة بسبب تأثير بور أكثر ، وعندها يزداد تركيز ثاني أكسيد الكربون .

٠٨ نحو ٧٠٪ من ثاني أكسيد الكربون في الدم ينتقل كأيونات بايكربونات ، ونحو ٢٣٪ يتحد مع الهيموجلوبين مكونا مركب كاربا أمينوهيموجلوبين ، ونحو ٧٪ مذابا في بلازما الدم .

٩- توجد مراكز تنظيم التنفس في النخاع المستطيل ، والقنطرة في الدماغ .

١٠- تثار مراكز التنفس بوساطة مستقبلات كيميائية حساسة لزيادة أيونات الهيدروجين ، التي تنتج عن زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون .

١١- تثار مراكز التنفس بوساطة إشارات من المستقبلات الكيميائية الحساسة ؛ لتركيز الأكسجين المنخفض جداً .

٠٩ أسئلة للتقويم الذاتي

أكمل العبارات الآتية بما يناسبها :

٠١ يمر هواء الشهيق في الإنسان عبر الحنجرة ، بعدها يدخل .... ومن ثم يمر إلى ....

٠٢ يحدث تبادل الغازات في الإنسان خلال الجدران الرقيقة لـ ....

٠٣ تتكون أرضية تجويف صدر الإنسان من ....

٠٤ تسمى أكبر كمية من الهواء يستطيع إنسان أن يزفرها بعد ملء الخلية إلى أقصى حد بـ ....

٠٥ يحدد المدى الذي ينفصل عنه الأكسي هيموجلوبين بصورة رئيسة بتركيز ....

٠٦ زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون ، تخفض درجة حموضة (pH) الدم ، وتنتج عنه زيادة في تحلل .... ويعرف هذا بـ ....

٠٧ ينقل معظم ثاني أكسيد الكربون في الدم على شكل ....

اختر الإجابة المناسبة من العمود ب لكل وصف في العمود أ

العمود أ	العمود ب
٠٨ يغلق الحنجرة في أثناء البلع	أ- جيوب أنفية
٠٩ تجاويف في عظام الجمجمة	ب- الحنجرة
٠١٠ تبدأ الفعل الانعكاسي للسعال	ج- البلورا
٠١١ تغطي الرئتين	د- لسان المزمار
	هـ الحويصلات

١٠. أسئلة للمراجعة

١. عرف التنفس . ما الأحداث الضرورية لعملية التنفس؟

٢. ما الآليات التي يخرج بها ثاني أكسيد الكربون من جسمك ، ويدخل بها ثاني أكسيد الكربون إليه؟

٣. ما الذي يتحكم في معدل التنفس وعمقه؟

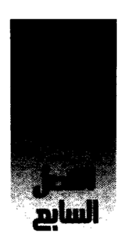
٤. لماذا يختلف تركيب الحويصلات في الرئة عن الهواء الجوي؟

٥. ما الآليات الفسيولوجية التي تحدث زيادة في معدل التنفس وعمقه في أثناء التمارين الرياضية؟

٦.ما فائدة وجود ملايين الحويصلات الهوائية في الرئة؟

٧.ما العوامل المؤثرة في انفصال الأكسي هيموجلوبين .

٨.كيف يساعد الهيموجلوبين على المحافظة على منحنى الضغط الجزئي خلال نقل الاكسجين في الجسم؟ وما التفاعلات التي تعزز نقل ثاني أكسيد الكربون في الجسم؟



الجهاز الدوري

Circulatory System

المحتويات

١-١١- الالتهاب وتجلط الدم

١-١٢- ضبط مكونات الدم

١-١٣- مجموعات دم الإنسان

٠٢ الجهاز الليمفاوي

٢-١- العقد الليمفاوية

٠٣ الخلاصة

٠٤ أسئلة للتقويم الذاتي

٠٥ أسئلة للمراجعة

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادرا على أن :

٠١ تصف تركيب كل من : الشرايين والأوردة والشعيرات الدموية والقلب وتحدد الوظائف الرئيسة لكل منها .

٠٢ تحدد مواضع الصمامات في الجهاز الدوري ، وتشرح تركيبها وعملها .

٠٣ تذكر الوظائف الرئيسة لكل نوع من أنواع خلايا الدم .

٠٤ تشرح وظائف الدم .

٠٥ تتبع جريان الدم خلال الدورة الدموية ، محددا مواقع دخول وخروج الأكسجين وثاني أكسيد الكربون ، وجزيئات الطعام ، مستخدما الأسماء الصحيحة لحجرات القلب والشرايين والأوردة الرئيسة .

٠٦ تحدد مواقع الجسم الذي يتم فيها الإحساس بالنبض بسهولة كبيرة .

٠٧ تصف كيف تتم عملية تنظيم القلب .

٠٨ تصف التكيفات التي تتم في الدورة الدموية حسب حاجة الجسم خلال التدريب .

٠٩ تذكر المكونات الرئيسة الموجودة في الدم .

٠١٠ تشرح كيف تحدث الجلطة الدموية .

٠١١ تذكر الطرق التي يساعد بها الكبد على المحافظة على مكونات الدم في مستوى ثابت ، وتوضح لماذا الجهاز الكبدي البابي مهم في تنظيم مكونات الدم .

٠١٢ تشرح لماذا مجموعات الدم ABO للعاطي والمستقبل يجب أن تكون متناسبة .

٠١٣ تشرح كيف ولماذا دم الأم سالبة Rh يمكن أن تتلف دم وليدها .

٠١٤ تذكر وظائف الأوعية الليمفاوية .

١٥- تصف الوظائف الرئيسة للعقد الليمفاوية .

الجهاز الدوري: (Circulatory System) هو الجهاز الذي يقوم بعمليات النقل المختلفة بالجسم مستعينا بالدم (blood) والليمف (lymph) ، وهما سائلان يدوران في شبكة من الأوعية تنتشر في الجسم وتتخلل الأنسجة ، ويوصل السائلان إلى الأنسجة الأكسجين والمواد الغذائية الممتصة والهرمونات ، وينقلان من تلك الأنسجة المواد الإخراجية إلى أعضاء الإخراج .

ويتركب الجهاز الدوري من جهازين ، هما : الجهاز الدموي ، والجهاز الليمفاوي .

١- الجهاز الدموي Blood System

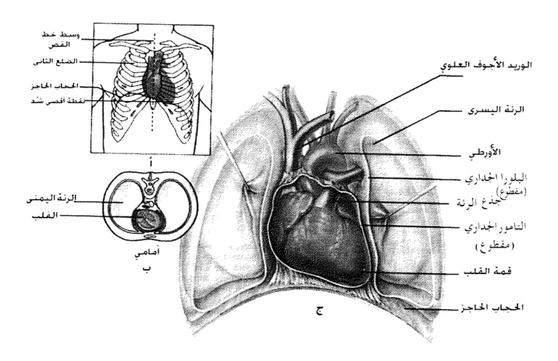
يتركب الجهاز الدموي من القلب (heart) والأوعية الدموية (blood vessels) ويحتوي الدم .

١-١ القلب : وهو عضو عضلي أجوف يقع في وسط التجويف الصدري بين الرئتين ، شكل (٧-١) وحجمه يساوي قبضة صاحبه ، ويتراوح وزنه ما بين ٢٥٠-٣٥٠غراماً . ويحيط به غشاء التامور (pericardium) ، وهو غشاء مزدوج يسهل حركة القلب بفضل ما يحتويه من سائل تاموري .

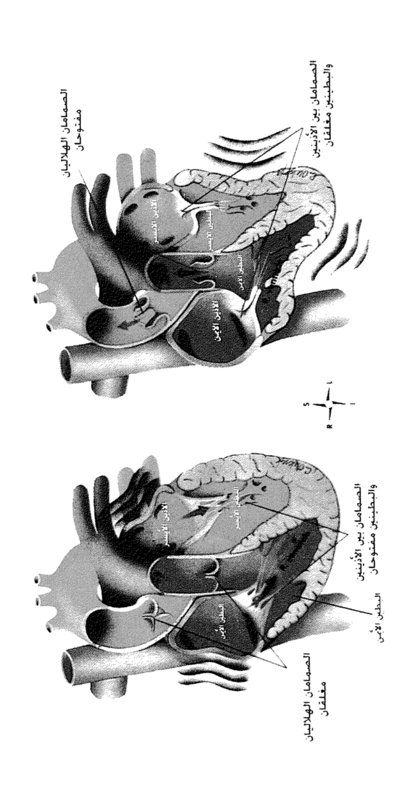
شكل القلب مخروطي تتجه قاعدته إلى أعلى وقمته إلى أسفل وتميل قليلا إلى اليسار ، وهو عبارة عن مضخة مزدوجة ماصة كابسة ، يأخذ الدم من بعض الأوعية الدموية ويدفعه في أوعية دموية أخرى .

ويتكون القلب من أربع حجرات ، حجرتان لاستقبال الدم وحجرتان لتوزيعه ، وهو مقسم طوليا إلى قسمين ، أيمن وأيسر ، بحواجز عضلية ، ولا يتصل جانبا القلب أحدهما بالآخر على الإطلاق ، وتسمى الحجرتان العلويتان الأذينين (auricles) وجدرانهما رقيقة . وتسمى الحجرتان السفليتان البطينين (ventricles) وجدرانهما سميكة . ويتصل كل أذين بالبطين المقابل له عن طريق فتحة يحرسها صمام له شرفات رقيقة تثبت بأحبال وترية . ويختلف عدد الشرفات باختلاف موضع الصمام . فالصمام الموجود بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر مكون من شرفتين فقط

(bicuspid valve) ويعرف بصمام مترال (mitral valve) . وللصمام بين الأذين الأيمن والبطين الأيمن ثلاث شرفات(tricuspid valve) ، وتسمح الشرفات للدم بالمرور باتجاه واحد فقط ، أي من الأذين إلى البطين ، وتمنعه من الرجوع ثانية . وتتصل حواف كل من هذين الصمامين بالجدر الداخلية للبطين الذي هو تابع له بوساطة أحبال وترية (شكل ٧-٢) .



شكل (٧-١) موقع القلب في منصف (أو الحيزوم) الصدر (الحيز المشتمل على القلب وكل ما في الصدر باستثناء الرئتين) .
(أ) علاقة القلب مع القص ، والضلوع ، والحجاب الحاجز .
(ب) قطاع عرضي يتضح فيه الموقع النسبي للقلب في الصدر .
(ج) علاقة القلب والأوعية الدموية الرئيسة مع الرئتين .



شكل (٧-٢) حجرات القلب وصماماته

١-٢- الأوعية الدموية

إن الشرايين (arteries) والشعيرات الدموية (capillaries) والأوردة (veins) : هي الأوعية التي ينتقل خلالها الدم إلى الأنسجة.

والشرايين هي الأوعية التي تحمل الدم بعيدا عن القلب . ، وتنتشر في جميع أجزاء الجسم ما عدا الشعر والأظافر . وجدرانها عضلية مرنة بدرجة عالية . وتتفرع الشرايين إلى فروع أصغر فأصغر تسمى شرينات (arterioles) ، وهذه تتفرع إلى شعيرات .

وتتميز الشرايين بسمك جدرانها ومرونتها ونبضها وعدم وجود صمامات فيها ، وتحمل جميع الشرايين دماً مؤكسجاً (نقيا) فيما عدا الشريان الرئوي الخارج من القلب إلى الرئتين ، فيحمل دماً غير مؤكسج (غير نقي) . وتكون الشرايين عادة مدفونة وسط العضلات . ويمثل الأورطي الجذع الرئيس لمجموعة الشرايين .

ويختلف تركيب الشرايين الكبيرة عن المتوسطة وعن الشرينات ، إلا أنها تقوم جميعا على تركيب أساسي واحد ، فلها جميعاً جدار يتكون من ثلاث طبقات شكل (٧-٣) .

أ- **الطبقة الخارجية (outer coat)** : وهي غلاف ليفي تحتوي أليافاً مرنة قليلا وتنغمس في النسيج الضام المحيط .

ب- **الطبقة المتوسطة (middle coat)** : تتكون من أغشية مرنة دائرية مركزية يفصلها عن بعضها نسيج ليفي يشمل خلايا عضلية ملساء ، وهذه الطبقة هي المسؤولة عن المطاطية العالية التي يمتاز بها الشريان ، كما أنها أكبر الطبقات مساحة .

ج- **الطبقة الداخلية (البطانة) (endothelium)** : تتكون من خلايا طلائية وطبقة نسيج ضام تحت طلائي مكون من ألياف مرنة وغروية متشابكة ، بها قليل من خلايا متفرعة وبعض ألياف عضلية ملساء ، ويلي هذه الطبقة غشاء مرن مثقب يصعب تمييزه عن الطبقة المتوسطة .



شكل (٧-٣) تركيب الأوعية الدموية

وكلما ابتعدت الشرايين عن القلب كلما تفرعت وأصبحت أكبر عدداً وأكثر دقة ، وتسمى الفروع المتناهية الدقة بالشعيرات الدموية ، حيث تمر خلايا الدم الحمراء خلالها في صف طويل . يبلغ قطر الشعيرة الدموية نحو (١٠) ميكرونات (الميكرون= ٠,٠٠٠١ م) ، وتتكون جدران الشعيرات الدموية من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية الرقيقة ؛ للمحافظة على وظيفتها في تبادل الغازات والمواد الذائبة بين الدم والأنسجة . وقد أمكن تقدير المساحة المتاحة لتبادل المواد في شبكات للشعيرات الدموية بنحو (٤٣٦٥٠) قدماً مربعاً ، كما أمكن تقدير مجموع طول الشعيرات الدموية في الإنسان البالغ بنحو (٦٠) ألف ميل .

وتلتحم الشعيرات الدموية لتكون أوعية دموية أكثر اتساعا تسمى وريدات (venules) ، وهذه تتحد في النهاية لتكون أوعية دموية أوسع تسمى الأوردة . والأوردة أوسع من الشرايين وأكثر عدداً ، وبهذا فإن سعة الأوردة أكبر من سعة الشرايين . وهناك فرق آخر بين الأوردة والشرايين ، وهو أن الأوردة تحتوي صمامات تساعد الدم على الجريان باتجاه واحد وتمنع رجوعه ، ويتكون كل صمام من الطبقة الداخلية للوريد مدعمة بنسيج ضام وألياف مرنة مغطاة بخلايا طلائية بطانية ، ويوجد عادة صمامان يقابل كل منهما الآخر وتعرف بالصمامات الهلالية ، ويكثر وجودها في أوردة الأطراف ، وتنقل هذه الأوردة الدم ضد الجاذبية الأرضية ، ويساعد على نقل الدم أيضا تحت تأثير الضغط المتقطع الناتج من الانقباضات العضلية . وتنعدم الصمامات الهلالية في الأوردة الجوفاء والكبدية والكلوية والرحمية والمبيضية والمخية ، كما تنعدم في أي وريد يقل قطره عن ٣م . وتفتح الصمامات في الأوردة تحت ضغط الدم المتدفق باتجاه القلب ، وتغلق عندما يعود الدم إلى الخلف .

تحتوي جميع الأوردة دماً غير مؤكسج ما عدا الأوردة الرئوية الأربعة ، فإنها تحمل دماً مؤكسجاً . وتركيبها يشبه تركيب الشرايين من حيث أنها مكونة من ثلاث طبقات : الخارجية والمتوسطة والداخلية ، إلا أن الاختلاف الرئيس بين الأوردة والشرايين هو أن الطبقة المتوسطة ضعيفة التكوين في الأوردة شكل (٧-٣) .

وعندما تضعف جدران الوريد ، يمكن أن يتجمع الدم فيه مسببا تمدده وتضخمه ، حيث لا تستطيع شرفات الصمام مواجهة تجمع الدم ؛ وبذلك لا يستطيع الصمام منع الدم من العودة إلى الخلف ، وبذلك يتجمع الدم في الوريد الضعيف . وتسمى هذه الأوردة المتوسطة الدوالي (varicose veins) ، وهي مؤلمة إذا كانت في وريد كبير . والبواسير (hemorrhoids) أوردة متوسعة في جدار المستقيم ، وهذه الأوردة تضررت بسبب الضغط ، نظرا لظروف مثل الإمساك (constipation) أو الحمل (pregnancy) .

١-٣- الدم

سائل أحمر لزج ، وهو عبارة عن نسيج مادته الخلالية سائلة ، تحتوي مكونات الدم ، جدول (٧-١) ، وسائل البلازما (Plasma) ، الذي يحتوي عدة أنواع من الأملاح والبروتينات . ومصل الدم(serum) عبارة عن بلازما أزيلت منها البروتينات التي تدخل في عملية التجلط .

جدول (٧-١) مكونات الدم الرئيسة

* الماء	٤٥- ٥٤ ٪ مل / ١٠٠ مل
* الأملاح :	
- صوديوم	٢٤٠٠ ملغم / لتر
- بوتاسيوم	٨٠ ملغم /لتر
- كالسيوم	٨٠ ملغم / لتر
- مغنيسيوم	٢٨ ملغم / لتر
- كلورايد	٢٦٠٠ ملغم / لتر
- بايكربونات	١٥٠٠ ملغم / لتر
* بروتينات البلازما	٧-٩٪ غم / ١٠٠مل
* خلايا الدم	٤٠-٥٠٪ غم / ١٠٠مل
- خلايا بيضاء	٤,٧-٩,٧×٣ ١٠ / مليميكرون
- خلايا حمراء	٣,٦-٥,٥× ١٠ ٦ مليميكرون

ويقدر الدم في جسم الإنسان بنحو ٥-٧,٥٪ من الوزن الكلي للجسم ، وتتوزع هذه الكمية على النحو الآتي :

$\frac{١}{٤}$ كمية الدم في الرئتين والقلب والأوردة والشرايين الرئيسة .

$\frac{١}{٤}$ كمية الدم في الكبد .

$\frac{١}{٤}$ كمية الدم في العضلات الإرادية .

$\frac{١}{٤}$ كمية الدم في الأعضاء الأخرى وأنسجة الجسم الباقية .

ويحتوي جسم الإنسان في المتوسط ٥-٦ لترات من الدم ، وتكوّن البلازما نحو ٥٤٪ من الدم ، والمكونات الأخرى (الخلايا البيضاء ، والخلايا الحمراء ، والصفائح) نحو ٤٦٪ منه .

١-٣-١- البلازما : تتكون من ٩٠٪ ماء والباقي أملاح عضوية وأملاح غير عضوية ، أهمها ملح الطعام ، ومواد بروتينية ودهنية ، وأحماض أمينية وسكر العنب (جلوكوز) ، وهي المواد الغذائية التي وصلت إلى الدم بعد هضمها وامتصاصها .

والمواد التي تنتقل بالدم هي : السكاكر والأحماض الأمينية والأحماض الدهنية والجليسرول والهرمونات والفضلات النيتروجينية وثاني أكسيد الكربون والأكسجين .

وتحتوي البلازما فضلات مثل البولينا بكمية قليلة ، وكذلك الهرمونات . ويذوب في البلازما غازات الأكسجين وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين . والجدول (٧-٢) يوضح النسب التقريبية للغازات الموجودة في عينة دم مار بشريان رئيس ، وعينة أخرى من دم مار بوريد رئيس .

جدول (٧-٢) النسب التقريبية للغازات الموجودة في عينة دم مار بشريان رئيس ، وعينة أخرى من دم مار بوريد رئيس

الدم	أكسجين	ثاني أكسيد الكربون	نيتروجين
عينة من شريان	١٩,٤	٤٩,٧	١,٦
عينة من وريد	١٤	٥٤,٦	١,٦

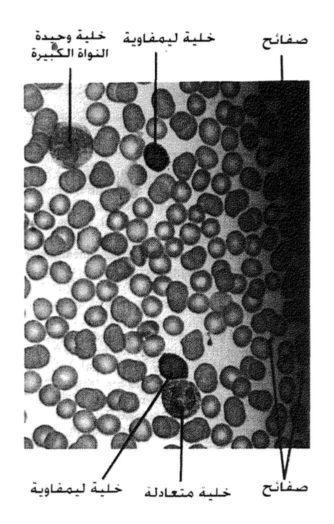
وتلاحظ أن كمية الأكسجين التي يحملها الدم الوريدي أقل من التي يحملها الدم الشرياني ، بينما تزداد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الدم الوريدي عنها في الدم الشرياني . ويتضح أن غاز النيتروجين لا يدخل في التفاعلات الحيوية التنفسية ؛ لذا يبقى تركيزه ثابتاً في العينتين .

ويعود تعقيد البلازما إلى النواتج الكثيرة المصاحبة للنشاط الخلوي ، وهذه النواتج تكون في الدم على هيئة محاليل ، كما تعود إلى وجود مركبات خاصة عديدة توجد في البلازما فقط . وتتكون هذه المركبات من ثلاث مجموعات من البروتينات الدموية تشمل الفيبرينوجين ، والألبيومين ، وتشكل هذه البروتينات نحو ٧٪ من المواد الصلبة في البلازما ، وهذه البروتينات مسؤولة عن الضغط الأسموزي الذي يحفظ مستوى السوائل طبيعيا في الدم .

١-٣-٢- مكونات الدم

يمكن تقسيم مكونات الدم إلى ثلاثة أنواع رئيسة :

الخلايا البيضاء (leukocytes) والخلايا الحمراء (erythrocytes) والصفائح (platlets or thrombocytes) شكل (٧-٤) .



شكل (٧-٤) صورة مجهرية لمسحة دم

أ) **الخلايا البيضاء** : تتميز بأنها عديمة اللون متغيرة الشكل ، قطر الخلية الواحدة نحو ١٥-٢٠ ميكرون . وتتكون الخلايا البيضاء في نخاع العظام والعقد الليمفاوية ، ويقدر عددها بنحو ٧٠٠٠ خلية في كل مم٣ واحد من الدم ، ويزيد هذا العدد في الأطفال ، كما يزداد بشكل واضح في حالات الإصابات الجرثومية وفي ظروف مرضية أخرى .

والخلايا البيضاء أكول ، حيث تلتهم الجراثيم التي تدخل الجسم عن طريق الجروح ، ومما يمكنها من الوصول إلى مكان الجراثيم في الأنسجة قدرتها على اختراق

جدران الشعيرات الدموية . وبعض الخلايا البيضاء تفرز سموما تعادل السموم التي تفرزها بعض الجراثيم في الدم .

توجد عدة أنواع مختلفة من الخلايا البيضاء يمكن تقسيمها إلى مجموعتين رئيستين هما : الخلايا البيضاء المحببة (granular) والخلايا البيضاء غير المحببة (nongranular) .

أولاً : الخلايا البيضاء المحببة : يحتوي سيتوبلازم هذه الخلايا حبيبات لها القدرة على امتصاص أصباغ كيميائية خاصة تختلف من نوع إلى آخر ، ويتميز هذا النوع من الخلايا بنواة كبيرة غير منتظمة مقسمة إلى عدة فصوص واضحة . وتشمل الخلايا البيضاء المحببة نحو ٧٥٪ من مجموع الخلايا البيضاء ، وتضم ثلاثة أنواع ، هي :

١. **الخلايا المتعادلة** (neurophils) : تلتقط حبيباتها الأصباغ المتعادلة ، وهي تكوّن النسبة الكبرى من الخلايا المحببة ، والنواة في كل منها مقسمة إلى ٣-٥ فصوص ، ويعرف هذا النوع من الخلايا باسم مشكلة النوى (polymorphonuclear) .

٢. **الخلايا الحامضية** (acidophils) : تتلون حبيباتها بالأصباغ الحامضية التي منها صبغ الأيوسين ، وعدد هذه الخلايا قليل نسبياً ، في دم الإنسان نحو ٢-٤٪ من مجموع الخلايا البيضاء ، ويزداد عددها ازدياداً ملحوظاً في حالات مرضية خاصة كالإصابة ببعض أنواع الديدان الطفيلية .

٣. **الخلايا القاعدية** (basophils) : تتلون حبيباتها بالأصباغ القاعدية ، والنواة فيها ذات شكل مميز ، وكثيرا ما تكون على هيئة حرف S .

وللخلايا المحببة ، وبخاصة المتعادلة منها ، القدرة على مغادرة الدورة الدموية ، والتجمع في أماكن الإصابات والإلتهابات ، وقد أثبتت البحوث الحديثة أن الحبيبات المنتشرة في سيتوبلازم هذه الخلايا هي أكياس أو تجمعات من الإنزيمات الهاضمة أو الأجسام المحللة (lysosomes) .

ثانياً : الخلايا البيضاء غير المحببة : لا يحتوي سيتوبلازم هذه الخلايا حبيبات ، وتتولد هذه الخلايا من النسيج الليمفاوي ، وتشمل :

١. الخلايا الليمفاوية (lymphocytes) : تتجول بين خلايا الأنسجة ، وهي عادة صغيرة نحو ٨-١٢ ميكروناً ، ونواتها كروية تملأ معظم الخلية ، والسيتوبلازم في هذه الخلايا قليل ، ويوجد في نطاق ضيق حول النواة ، وهو غني بالحامض النووي ر ن أ ، ولهذه الخلايا دور مهم في إنتاج الأجسام المضادة التي هي عبارة عن مواد بروتينية تنتج لحماية الجسم مما قد يغزوه من أجسام غريبة .

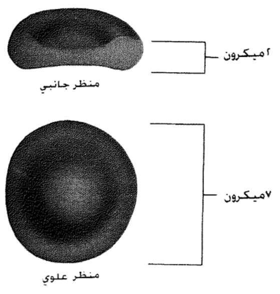
٢. **الخلايا وحيدة النواة** (monocytes) : حجمها كبير ويتراوح ما بين ١٠-١٥ ميكروناً ، وكمية السيتوبلازم فيها كبيرة نسبياً ، ونواتها كلوية أو على شكل حذوة فرس ، ولها قدرة على ابتلاع أجسام أو خلايا أخرى .

إن عدد الخلايا البيضاء مهم جداً في تشخيص حدوث التهاب في أنسجة الجسم ، فإذا حدث التهاب ما يلاحظ ازدياد كبير في عدد هذه الخلايا .

وفي الحالات المرضية الخاصة ، يكون من الضروري إجراء عد تفاضلي لتحديد الأعداد النسبية للأنواع المختلفة للخلايا البيضاء ، لأن أعدادها النسبية تتغير بتغير نوع المرض أو المسبب له .

ب) **الخلايا الحمراء** : وهي أكثر أنواع خلايا الدم عدداً ، فهي نحو ٣,٦ - ٥,٥ مليون خلية لكل مم^{٣} واحد من الدم . والخلية الحمراء شكل (٧-٥) قرصية الشكل مقعرة الوجهين ، قطرها نحو ٧ ميكرونات ، وسمكها نحو ٢ ميكرون ، ويحيط بها جدار رقيق صلب مرن يحتوي سيتوبلازم ، وهو لين ومرن ؛ ولذلك يتغير الشكل العادي للخلية عند مرورها في الشعيرة الدموية . ولهذه الخلايا قابلية الالتصاق ببعضها مكونة صفاً طويلا . ولا تحتوي الخلايا الحمراء الناضجة أنوية ، ويحتوي سيتوبلازمها صبغة تنفسية حمراء اللون تسمى هيموجلوبين ، وهي التي تعطي اللون الأحمر للدم . والهيموجلوبين مادة بروتينة تحتوي حديداً . ويتحد الهيموجلوبين مع الأكسجين بسهولة مكوناً مركبا يسمى أكسيهيموجلوبين ، كما ينفصل عنه بسهولة ، وهذه الحالة لها فائدة كبيرة في عملية التنفس ، لأن من وظائف الخلايا الحمراء نقل الأكسجين . ويتم إنتاج الخلايا الحمراء في النخاع الأحمر للعظام ، وهذا يوجد في عظام العمود الفقري والأضلاع والقص . ومن العوامل التي تزيد إنتاج الخلايا

الحمراء ، العيش عند المرتفعات العالية ، والحياة النشطة ، وذلك لأن كلتا الحالتين تزيد حاجة الجسم إلى الأكسجين . وتعيش الخلايا الحمراء عادة نحو أربعة أشهر بعد وصولها مجرى الدم ، ثم تتكسر ، وتتخلص الدم منها الخلايا البيضاء بالبلعمة (phagocytosis) ، وتُستهلك فيما بعد في الكبد ، والطحال . وفقر الدم (anemia) حالة تكون الخلايا الحمراء أو كمية الهيموجلوبين في الدم أقل من الوضع الطبيعي ، إما نتيجة بطء إنتاج في الخلايا الحمراء ، أو تحطيم سريع لها . وفقر الدم مظهر لكثير من الأمراض .



شكل (٧-٥) تركيب خلية حمراء

ج) **الصفائح الدموية** : وهي ليست خلايا بالمعنى الدقيق ، بل هي أجزاء سيتوبلازمية من خلايا كبيرة أكثر من المعتاد ، (ويصل قطرها إلى ٦٠ ميكروناً) تكونت في نخاع العظام ، ثم انفجرت ، وتحرر منها أجزاء صفيحية ، أحيط كل جزء منها مع جزء من السيتوبلازم بغشاء بلازمي ، مكونة صفائح قرصية الشكل تقريباً ، ويتراوح قطر كل صفيحة ما بين ٢-٤ ميكرونات . وهذه الصفائح لا لون لها ، وهي خالية من النواة ، وتتفتت بسرعة عند تعرضها للهواء ، ولها دور في تجلط الدم ، ويصل عددها إلى ٢٥٠,٠٠٠ - ٥٠٠,٠٠٠ صفيحة / مم^{٣} واحد من الدم .

١-٣-٥- وظائف الدم :

يقوم الدم بالوظائف الآتية :

أ) النقل : ويقصد به :

٠١ نقل المواد الغذائية التي تُمتص خلال جدران الأمعاء الدقيقة ، وتنتقل إلى الأوعية الدموية والليمفاوية الموجودة في تلك الجدران إلى جميع أجزاء الجسم .

٠٢ نقل الغذاء المدخر من عضو أو نسيج إلى عضو أو نسيج آخر يحتاج هذا الغذاء .

٠٣ نقل الأكسجين اللازم لعمليات الأيض والنمو والتعويض من السطوح التنفسية إلى خلايا الجسم .

٠٤ نقل المواد الإخراجية ، كثاني أكسيد الكربون ، من خلايا الجسم إلى السطح التنفسي ، ونقل الفضلات النيتروجينية من خلايا الجسم إلى الكليتين .

٠٥ نقل هرمونات الغدد الصماء من أماكن إفرازها إلى أماكن تأثيرها في أنسجة الجسم وأجهزته .

٠٦ نقل الإنزيمات سواء كانت في حالة نشطة أم خاملة .

ب) التنظيم : يؤدي الدم وظيفة التنظيم على النحو الآتي :

٠١ تنظيم الأيض وغيره من وظائف الجسم ، وذلك بتنظيم وإتاحة التفاعل بين الهرمونات التي يحملها وبين الأعضاء التي تتأثر بها ، وتنظيم كمية الهرمونات في الدورة الدموية .

٠٢ تنظيم درجة حرارة الجسم ، ويتم ذلك عن طريق ما يطرأ على الأوعية الدموية من ضيق واتساع بفعل المؤثرات العصبية أو الهرمونية أو البيئية ، وما ينتج عنه من زيادة أو نقصان في كمية الحرارة التي تفقد عن طريق الإشعاع من سطح الجسم .

٠٣ تنظيم البيئة الداخلية للجسم فيما يتعلق بالاتزان الملحي والحالة الأسموزية وكمية الماء ومستوى الحامضية أو القاعدية في الأنسجة .

ج) الحماية : وهي نوعان :

٠١حماية نفسه من الفقدان ، وذلك بتكوين الجلطة الدموية ، كما يحمي الدم نفسه من الغزو بفضل بعض خلاياه المتخصصة في مهمات الدفاع .

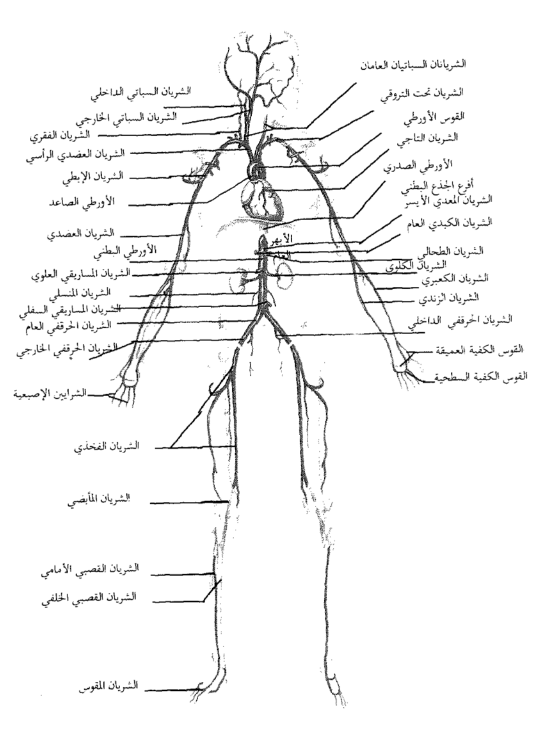
٢. حماية الإنسان من المواد الغريبة وغزو الكائنات الحية المسببة للأمراض ، وذلك بتكوين المناعة .

١-٤- الأوعية الدموية الأساسية

تتكون الأوعية الدموية الأساسية من الجهاز الشرياني والجهاز الوريدي .

١-٤-١- الجهاز الشرياني Arterial System

يحمل الشريان الرئوي الدم غير المؤكسج من البطين الأيمن ويتفرع إلى فرعين يتجه كل منهما إلى إحدى الرئتين . ويخرج من البطين الأيسر القوس الأورطي (الأبهري) (aortic arch) التي ينحنى نحو اليسار وإلى أعلى مكوناً الأورطي الذي يزود أجزاء الجسم كافة بالدم المؤكسج ، ويصدر عن القوس الأورطي قبل مغادرته القلب شريان مهم سرعان ما يتفرع إلى فروع تغذي عضلة القلب نفسها ، ويعرف ذلك الشريان باسم الشريان الإكليلي أو التاجي (coronary artery) شكل (٧-٦) ، ويؤدي تصلب جداره وانسداده ، نتيجة لتكون جلطة دموية فيه ، إلى ظهور أعراض المرض المعروف بالذبحة الصدرية (angina pectoris) .



شكل (٧-٦) الشرايين البدنية الرئيسة(منظر أمامي)

كما يصدر عن القوس الأبهرية الشرايين الآتية :

١. الشريان عديم الاسم (innominate artery) وهو يتفرع إلى فرعين :

أ) الشـــريان تحت التـرقـوي الأيمن (right subclavian artery) ، ويزود الطرف الأمامي .

ب) الشريان السباتي العام الأيمن (right common carotid artery) يجرى على الجانب الأيمن للعنق ثم يزود الأجزاء اليمنى من الرأس والدماغ .

٢- الشريان السـباتي العـام الأيسر (left common carotid artery) ويصـدر من القوس الأبهرية مباشرة ليزود الأجزاء اليسرى من الرأس والدماغ .

٣- الشريان تحت الترقوي الأيسر (left subclaviun artery) ويصدر من القوس الأبهرية مباشرة ليزود الطرف الأمامي الأيسر .

وكمـا ذكرنا سابقا فإن القوس الأبهرية تنحنى إلى اليسـار ونحو السطح الظهري وتتجه إلى الخلف على شكل الأورطي ، وهو الشريان الرئيس الضخم الذي يمتد إلى الخلف تحت العمود الفقري .

وأهم الشرايين التي تصدر عنه لتزود الأعضاء الداخلية هي :

١. البطني (coeliac) يزود المعدة والطحال والكبد .

٢. المساريقى العلوي (superior mesentric) يزود الجزء الأكبر من الأمعاء .

٣. الكلوي الأيسر (left renal) ويزود الكلية اليسرى .

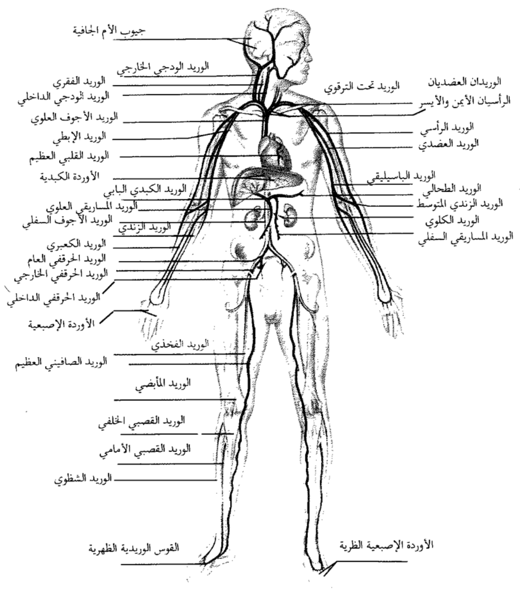
٤. الكلوى الأيمن (right renal) ويزود الكلية اليمنى .

٥. المساريقى السفلي (inferior mesentric) ويزود الجزء الخلفي من الأمعاء .

٦. ينقسم الأورطي عند نهاية المنطقة البطنية إلى شريانيين كبيرين يتجه كل منهمـا إلى أحـد الفخـذين ليغـذي الطرف الخلفي ، ويعـرف كل منهمـا بالشـريان الحرقفي (iliac artery) .

١-٤-٢- الجهاز الوريدي Venous System

يتجمع الجانب الوريدي من الشعيرات الدموية مكونا أوردة دقيقة تلتقي بدورها لتكون أوردة أكبر فأكبر ، وتتحد هذه الأوردة لتشكل أوردة كبيرة تنتهي بأن تصب الدم في الأذين الأيمن شكل (٧-٧) .



شكل (٧-٧) الأوردة البدنية الرئيسة

عندما تحدثنا عن الجهاز الشرياني ذكرنا الشريان الرئيس الصادر من القلب وتتبعنا تفرعه إلى فروع أصغر ، وانتقلنا في اتجاه تدفق الدم ، وسنتتبع الجهاز الوريدي أيضا في اتجاه تدفق الدم خلاله أي من الأطراف البعيدة باتجاه القلب ، على النحو الآتي :

أولا : يعــود الدم المؤكـــسج من الرئتين إلى القلب عن طريق الأوردة الرئوية (pulmonary veins) وهي تصب في الأذين الأيسر .

ثانياً : يعود الدم غير المؤكسج من الجزء العلوي للجسم إلى الأذين الأيمن بوساطة وريد ضخم يعرف بالوريد الأجوف العلوي (superior vena cava) وهو ينتج عن التقاء الأوردة الآتية :

١. الوريدان الودجيان الأيمن والأيسر (left and right jugular veins) يجلبان الدم من الرأس والدماغ والعنق .

٢. الوريدان تحت الترقويين الأيمن والأيسر (left and right subclavian veins) يعيدان الدم من الطرفين الأماميين .

أما الدم العائد من الجذع والجزء الخلفي من الجسم فيحمله وريد ضخم آخر طويل يعرف بالوريد الأجوف السفلي(inferior vena cava) ، وهو ينتج عن التقاء الأوردة الآتية :

١. الوريدان الحرقفيان (iliac venis) يجلبان الدم من الطرفين الخلفيين وينتج عن التقائهما تكوين الوريد الأجوف السفلى عند بدايته .

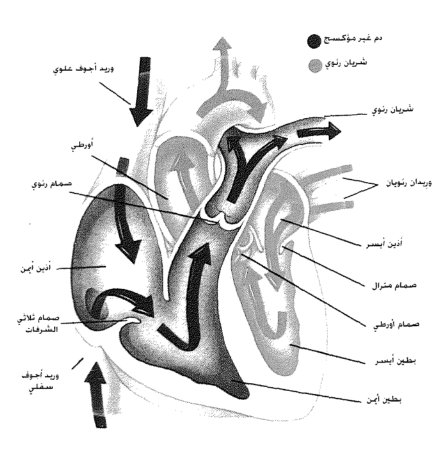
٢. الوريدان الكلويان (renal veins) يجلبان الدم من الكليتين .

٣. الأوردة الكبـدية (hepatic veins) وهي عـدة أوردة تنقل الدم من الكبـد وتصبه في الوريد الأجوف السفلي .

ويتابع الوريد الأجوف السفلي طريقه مخترقا الحجاب الحاجز ومارا خلال تجويف الصدر ليصب في الأذين الأيمن .

١-٥- الدورة الدموية Blood Circulation

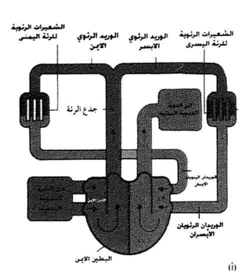
يصل الدم غير المؤكسج إلى القلب فيصب في الأذين الأيمن عن طريق الوريدين الأجوفين الآتيين : شكل (٧-٨) .

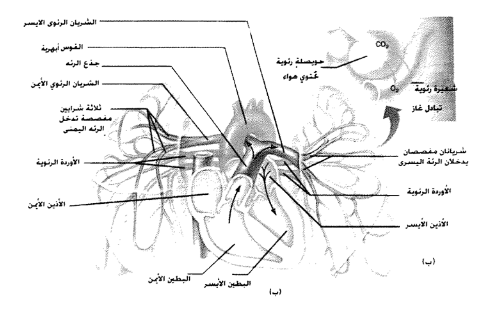


شكل (٧-٨) سير الدم في القلب

الوريد الأجوف العلوي الذي يأتي بالدم من الجزء العلوى من الجسم ، والوريد الأجوف السفلي الذي يأتي بالدم من الجزء السفلي من الجسم . وعندما يمتلئ الأذين الأيمن بالدم تنقبض جدرانه فيندفع الدم إلى البطين الأيمن عن طريق الفتحة التي تصله بالأذين الأيمن . وعند امتلاء البطين الأيمن بالدم تطفو على سطحه شرفات الصمام الثلاث : وهي الشرفات الموجودة على الفتحة التي تصل الأذين الأيمن بالبطين الأيمن فتقفل الفتحة . وعند انقباض جدران البطين يزداد تلاصق حواف شرفات الصمام ، ولا تنقلب الشرفات داخل الأذين لأنها مثبتة بالأحبال الوترية في جدران البطين ، وبذلك لا يمكن أن يرجع الدم إلى الأذين . ويضغط الدم على الصمام الهلالي (semilunar valve) الموجود على الفتحة التي تصل البطين الأيمن بالشريان الرئوي ، فينفتح الصمام ويمر الدم إلى الشريان الرئوي ، ويمنع الصمام عودة الدم إلى البطين عند انبساطه ؛ لأن شرفات الصمام على شكل جيوب ، وعندما تمتلئ بالدم تتلاصق حوافها فتسد فتحة الشريان الرئوي .

ويتفرع الشريان الرئوي إلى فرعين يتجه كل فرع إلى الرئة المقابلة ، ويدخل في أنسجتها ، ويتفرع فيها عدة فروع تنتهي بشعيرات دموية تنتشر حول الحويصلات الهوائية ، وفي الحويصلات يطرد الدم ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء ويأخذ الأكسجين من هواء الحويصلات ، وبذلك يصبح الدم مؤكسجاً ، ويعود للقلب مرة أخرى ، وتسمى هذه المرحلة الدورة الدموية الصغرى أو الرئوية (pulmonary circulation) شكل (٧-٩) ، وهي تسير كالآتي : البطين الأيمن- الشريان الرئوي- الشعيرات الدموية في حويصلات الرئة- الروافد الوريدية في الرئة- أوردة جدران الرئة- الأوردة الرئوية - الأذين الأيسر .



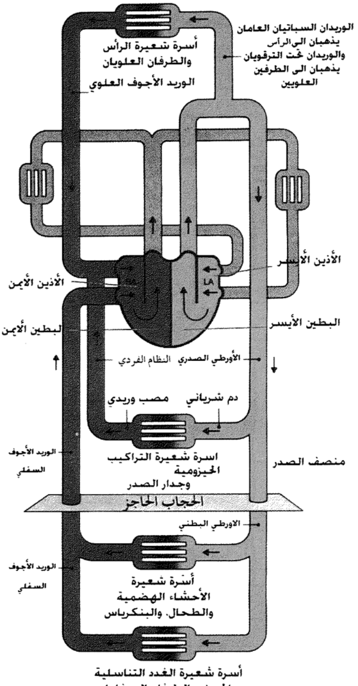


شكل (٧-٩) الدورة الدموية الصغرى أو الرئوية

(أ) رسم تخطيطي . (ب) صورة إيضاحية . الجهاز الشرياني موضح باللون الأزرق ليشير بأن الدم المحمول فقير بالأكسجين . والجهاز الوريدي موضح باللون الأحمر ليشير بأن الدم المنقول غني بالأكسجين

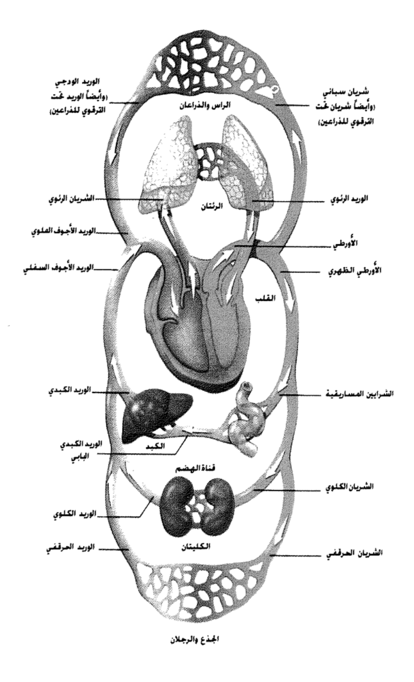
يعود الدم المؤكسج من الرئتين داخل أربعة أوردة رئوية (وريدان من كل رئة) تصب في الأذين الأيسر . وعند امتلاء الأذين الأيسر بالدم تنقبض جدرانه فيمر الدم إلى البطين الأيسر عن طريق الفتحة التي تصله بالأذين الأيسر الموجود فيها صمام ثنائي الشرفات . وعند امتلاء البطين الأيسر بالدم تطفو شرفات الصمام على سطحه وتتلاصق مقفلة الفتحة بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر ، وينقبض البطين الأيسر فلا تنفتح شرفات الصمام داخل الأذين الأيسر وبالتالي لا يرجع الدم إلى الأذين الأيسر ؛ لأن الشرفات مثبتة بالأحبال الوترية في جدران البطين ، ويضغط الدم على الصمام الهلالي الموجود على الفتحة التي تصل البطين الأيسر بالأورطي (الشريان الأبهر) . ويمر الدم إلى الأورطي ويمنع الصمام الهلالي رجوع الدم ثانية إلى البطين الأيسر . ويتفرع الأورطي إلى عدة شرايين يتجه بعضها إلى الجزء العلوي من الجسم والبعض الآخر يتجه إلى الجزء السفلي . وتتفرع الشرايين إلى فروع أصغر فأصغر وتنتهي بشعيرات دموية تنتشر خلال الأنسجة بين الخلايا وتوصل إليها ما يحمله الدم من أكسجين وماء ومواد غذائية ذائبة . وتقوم خلايا الجسم بأكسدة المواد الغذائية كالسكر والدهن وتتحرر الطاقة وتنتج مخلفات من الماء وثاني أكسيد الكربون وتنتشر خلال جدران الشعيرات الدموية ، وتصل إلى الدم فيتغير لونه إلى الأحمر القاتم ويقال عنه أنه دم غير مؤكسج ، وتتجمع الشعيرات الدموية التي تحمل الدم غير المؤكسج وتكون أوعية أكبر فأكبر تعرف بالأوردة ، وتصب الأوردة الدم غير المؤكسج في الوريدين الأجوفين العلوي والسفلي ، وهذان يصبانه بدورهما في الأذين الأيمن ، وتستمر الدورة وتعرف بالدورة الدموية الكبرى أو البدنية (systemic circulation) شكل (٧-١٠) وهي تسير كالآتي :

البطين الأيسر - القوس الأبهرية - الشرايين المختلفة - الشعيرات الدموية في الأنسجة المتباينة - الأجزاء الوريدية من الشعيرات الدموية - الروافد الدموية في الأنسجة - الأوردة المختلفة في أعضاء الجسم - الوريدين الأجوفين العلوي والسفلى- الأذين الأيمن .



شكل (٧-١٠) رسم تخطيطي للدورة الدموية الكبرى أو البدنية
الدورة الرئوية موضحة باللون الرمادي للمقارنة

فالدورة الدموية تشمل دورتين رئيستين هما شكل (٧-١١) : دورة صغيرة أو رئوية ، ودورة كبيرة أو بدنية .

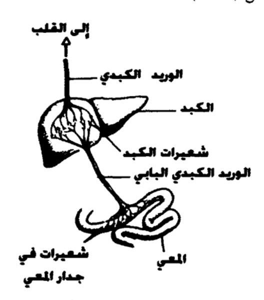


شكل (٧-١١) الدورة الدموية الرئوية والبدنية

١-٦- الدورة البابية Portal Circulation

يمثل الوريد الكبدي البابي الوعاء الدموي الرئيس للدورة البابية . ويتكون الوريد الكبدي البابي من تفرع الشرايين باضطراد حتى تنتهي إلى شبكة من شعيرات دموية . وتتجمع الأجزاء الوريدية من الشعيرات لتكون أوردة دقيقة تلتقي معا مكونة أوردة أكبر ، ثم تتجمع الأوردة الأخيرة لتكون ثلاثة أوردة رئيسة هي : مساريقي سفلي ومساريقي علوي ووريد بطني . وتلتقي هذه الأوردة الثلاثة بدورها معا مكونة وريداً واحداً كبيراً يعرف بالوريد الكبدي البابي ، الذي يتجه نحو الكبد لأنه لا يصب في القلب مباشرة .

ويبدأ الوريد الكبدي البابي في التفرع إلى فروع كثيرة جدا ، وتتفرع هي الأخرى بدورها حتى ينتهي بها الأمر إلى شبكة من الشعيرات الدموية التي تتجمع لتكون أوردة صغيرة ،تلتقي لتكون أوردة كبدية تنقل الدم من الكبد وتصبه في الوريد الأجوف السفلي شكل (٧-١٢) .



شكل (٧-١٢) الدورة البابية

والجهاز الدوري مغلق ، وهذا يعني أن الدم لا يترك الشعيرات الدموية ، فكيف ينقل الدم إلى الخلايا والأنسجة ما يلزمها من مواد ضرورية مثل الأكسجين والغذاء والهرمونات ؟ وكيف يخلصها من المواد الإخراجية مثل ثاني أكسيد الكربون والمواد النيتروجينية ؟

نلاحظ أن دورة الدم تتم كالآتي :

٠١ يصل الدم إلى الشعيرات الدموية وهو ما زال تحت الضغط الناتج عن انقباض عضلة القلب (البطين الأيسر) .

٠٢ نتيجة لهذا الضغط يرشح السائل الدموي خلال جدران الشعيرات الدموية إلى الخارج حاملا جزيئات صغيرة من مواد ذائبة يعرف بالليمف .

٠٣ لا تتمكن العناصر الخلوية من النفاذ خلال جدران الشعيرات الدموية إلى خارجها ، بل تظل محجوزة في تلك الشعيرات ، عدا بعض الحالات التي تهاجر فيها بعض الكريات الدموية البيضاء هجرة إيجابية لتتجول في الأنسجة .

٠٤ تبقى معظم بروتينات الدم داخل الشعيرات .

٠٥ تتم عمليات التبادل البالغة الأهمية بين الليمف وبين خلايا الأنسجة ، فالمواد التي يكون الليمف غنيا بها كالأكسجين والغذاء ، تنتشر منه إلى الخلايا التي يبللها ويسيل بينها ، كما أن المواد التي يكون تركيزها عاليا في الخلايا مثل ثاني أكسيد الكربون والمواد النيتروجينية الإخراجية تنتشر بسهولة من الخلايا إلى الليمف المحيط بها .

ولكن هذا لا يعني أن الجانب الشرياني سيستمر في فقدان سائل دموي ينفذ من تلك الشعيرات الدموية إلى المسافات المحيطة بالخلايا ، ولا يمكن أن يستمر التناقص في حجم السائل داخل الجهاز الدموي ويتزايد تراكم السوائل في الأنسجة باطراد ، وهناك طريقة لإعادة السوائل التي تترك الجهاز الدموي إلى الدورة الدموية وذلك كالآتي :

٠١ إن الدم عند الجانب الشرياني من الشعيرات الدموية يفقد سائلا ، يحمل مواداً ذائبة ، ولكنه لا يفقد بروتينات ؛ ولذلك فإن السائل الدموي عندما يصل الجانب الوريدي من الشعيرات يصبح أكثر تركيزاً في بروتيناته . فيقل ضغط الدم عند هذا الجانب من الشعيرات عنه عند الجانب الشرياني منها .

٢ • أما الليمف الموجود بين الخلايا وحول الشعيرات فإنه يحتوي نسبة أكبر من الماء ونسبة أقل من البروتينات .

٣ • بذلك يتولد ضغط أسموزي يتغلب على ضغط الدم داخل الجزء الوريدي من الشعيرات الدموية ؛ وبذلك تنفذ سوائل من الليمف خلال جدران الشعيرات إلى داخل الشعيرات نفسها .

٤ • وخلال عملية عودة السائل الليمفاوي إلى الشعيرات الدموية يحمل معه إلى تيار الدم ما جمعه من ثاني أكسيد الكربون ومواد نيتيروجينية إخراجية من خلايا الجسم .

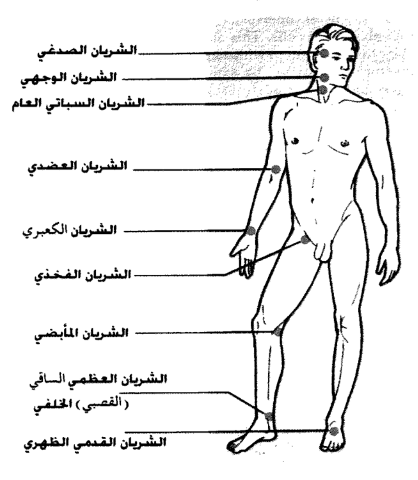
والجدير بالذكر أن الليمف الذي يترك الشعيرات الدموية عند الجانب الشرياني ، ويدخل إلى الدورة الدموية عند الجانب الوريدي ، لا يعود كله إلى الدورة الدموية عن هذا الطريق ، وإنما يجمعه جزء من الجهاز الدوري وهو الجهاز الليمفاوي .

١-٧- النبض Pulse

القلب ينبض باستمرار ، وتوقفه يعني الموت . فإذا وضعت إصبعك على الشريان الصدغي أو الشريان الكعبري (عند الرسغ) ، فإنك تشعر بانتفاضات متتالية في الشريانين ، ويطلق على كل نفضة واحدة ، نبضة . وما يحدث في هذين الشريانيين يحدث في جميع الشرايين شكل (٧-١٣) . ويدفع البطين الأيسر الدم في الشرايين إلى أنسجة الجسم ، ولكنه لا يستطيع وحده أن يوصل الدم إلى جميع أنسجة الجسم وبخاصة البعيدة منها ، فكيف يصل الدم إلى تلك الأنسجة؟

عند اندفاع الدم من البطين الأيسر نتيجة انقباضه ، فإن كمية الدم التي يدفعها تكون أكبر من سعة الأورطي المستقبل لها ، مما يسبب تمدده ، وبسبب مطاطيته يعود إلى وضعه الطبيعي فيضغط بذلك على الدم ويدفعه . وتتكرر هذه العملية عند كل تفرع للشريان ؛ لأن الفروع أصغر سعة من الشريان قبل تفرعه . وإذا وضعت إصبعك على شريان يرتكز على عظم فإنك تحس بانتفاضة الشريان نتيجة تمدده باتجاه إصبعك ، وهذا ما يسمى النبض . وبذلك فإن عدد النبضات في الدقيقة الواحدة يساوي عدد دقات القلب في الدقيقة نفسها .

ويمكن سماع دقات القلب خلال سماعة الطبيب (stethoscpe) . الصوت الأول خشن ممدود (lubb) يُسمع عند انقباض البطينين ، نتيجة إغلاق الصمامين . والصوت الآخر (dup) أعلى وأقصر وأحد ، وهو صوت إغلاق الصمامات بين البطينين والشريان الرئوي والأورطي عند تمدد البطينين .

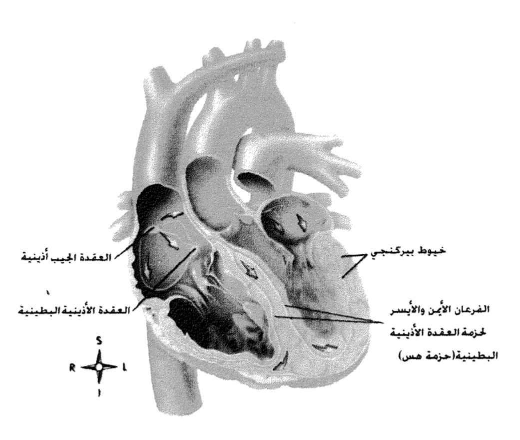


شكل (٧-١٣) مواقع الجسم الذي يتم فيها الإحساس بالنبض بسهولة كبيرة

وتختلف عدد دقات القلب حسب الحجم والسن وطور النمو . فمتوسط عدد دقات القلب للشخص البالغ ٧٢ دقة في الدقيقة الواحدة ، والطفل الوليد نحو ١٣٠ دقة في الدقيقة الواحدة ، والطفل في عمر خمس سنوات نحو ١٠٠ دقة في الدقيقة الواحدة . وتزداد دقات القلب عند زيادة الحركة وعند الانفعال العصبي ، وفي أثناء عملية الهضم .

١-٨ - منظم القلب Heart's pacemaker

تخصصت بعض خلايا القلب بنقل النبضات ، وهذه الخلايا فقدت بروتيناتها القابضة وتعمل كأعصاب أكثر منها خلايا عضلية ، مثل خيوط بيركنجي (purkinje fibers) ، وهذه الخلايا هي جزء من الآلية التي تضبط دقّة القلب . وتبدأ كل دقة بوساطة نشاط كهربائي ذاتي من منظم القلب ، وهو ، العقدة الجيب أذينية (sinoatrial node) (SA) ، وهي عقدة عصبية توجد في جدار الأذين الأيمن شكل (٧-١٤) .



شكل (٧-١٤) منظم القلب

وتنتشر النبضة من العقدة الجيب أذينية إلى جميع أجزاء الأذين ، ومن ثم إلى العقدة الأذينية البطينية (atrioventricular node) ، وهي أيضاً عقدة عصبية تقع عند الحاجز بين البطينين . وتنتشر النبضة من هنا بسرعة خلال جدران البطينين ، مثيرة انقباض فوري لعضلات البطينين .

إن العقدة الجيب أذينية هي المسؤولة عن المحافظة على معدل نبض القلب ، فإذا تلفت هذه العقدة ، أو تعطل عملها ، فإن العقدة الأذينية البطينية تتولى مهمة إثارة القلب للانقباض ، فلها معدل انقباض ثابت يتراوح ما بين ٣٥-٤٠ ضربة في الدقيقة ، ولا تتأثر بأي مؤثر خارجي ، ففي هذه الحالة لا يزداد معدل ضربات القلب تحت أي ظرف .

ويتحكم بالعقدة الجيب أذينية العصب التائه (العصب الدماغي العاشر) ، حيث يخفض من معدل عملها ، فيقل عدد ضربات القلب ، كما يتحكم بها أيضاً الأعصاب السمبثاوية ، وهذه تزيد من معدل عملها ، وبالتالي يزداد عدد ضربات القلب . وبهذا فإن استمرار وانتظام نبضات القلب هي وظيفة الجهاز العصبي .

إن الموجات المثارة كهربائياً تنتشر خلال القلب وتسبب دقاته ، وتنتقل خلال الجسم بوساطة السوائل الموجودة فيه . ويمكن تحديد هذه التيارات باستخدام مرسمة القلب الكهربائية (electrocrdiograph) ، وذلك بإلصاق أقطاب كهربائية على الجلد ، والصورة البيانية الكهربائية (electrocardiogram) (ECG) للقلب تحدد فيما إذا كان نشاط القلب الكهربائي طبيعيا .

وكما ذكرنا لا توجد أعصاب لحمل النبضات من منظم القلب إلى بقية أجزاء القلب ، بل ينتقل اللااستقطاب عن طريق أغشية خلايا عضلة القلب . وتنتقل النبضة من خلية عضلية إلى أخرى ، أكثر منها بوساطة النواقل الكيميائية مثل معظم التشابكات (synapses) بين الخلايا العصبية .

وتستطيع أية خلية من خلايا عضلة القلب أن تمرر نشاطها الكهربائي (التي يشبه كثيراً جهد الفعل (action potential) خلال محورها . وتتصل هذه الخلايا التي تخصصت بنقل النبضات ؛ بوساطة فتحات في أغشيتها البلازمية تسمى ملتقى

الفتحات (gap juntions) حيث تمر الأيونات والتيار الكهربائي من خلية إلى خلية مجاورة ، وتوجد مقاومة كهربائية قليلة بين الخلايا المتصلة بملتقى الفتحات . وينتقل اللااستقطاب بسرعة من خلية إلى خلية مجاورة . .

وتتوزع ملتقى الفتحات بطريقة حيث تغادر النبضة الواحدة المنظم وتصل أجزاء مختلفة من القلب في أوقات محددة بغض النظر عن بعدها عن المنظم . مثلا ، جزءان من البطينين يقعان على مسافات مختلفة من المنظم ينقبضان في الوقت نفسه .

١-٩- ضغط الدم والدورة الدموية

Blood Pressure and Blood Circulation

يجري الدم خلال الجهاز الوريدي من المنطقة ذات الضغط العالي ، وهي البطينان المنقبضان ، إلى المنطقة ذات الضغط الأدنى ، وهي مدخل القلب . فعندما ينقبض البطينان ، يسببان ضغطاً في الدم ، وتسمى هذه النقطة في دقة القلب الانقباض (systole) ، وتستغرق ٠,٤ الثانية ، ويعرف ضغط الدم خلال انقباض البطينين ، الضغط الانقباضي (systolic pressure) . يتبع الانقباض ، استرخاء القلب ، وتستغرق ٠,٣ الثانية ، ويمر الدم من الوريدين الأجوفين العلوي والسفلي ، والأوردة الرئوية ، ويمتلئ البطينان جزئياً بالدم . وهذا الجزء من دقة القلب يعرف بالانبساط ويستغرق ٠,١ الثانية ، ويسمى ضغط الدم في هذا الوقت الضغط الانبساطي (diastolic pressure) .

يستخدم الشريان الذراعي(brachial artery) في الذراع فوق المرفق مباشرة ، لقياس ضغط الدم ، ويعبر عنه كنسبة الضغط الانقباضي إلى الضغط الانبساطي (كلاهما مقاس بالملميتر زئبق) . مثلاً $\frac{١٢٠}{٧٥}$ ضغط لشخص ما . والضغط الانقباضي هو القوة التي يدفع بها البطين الأيسر الدم . والضغط الانبساطي هو مقاومة الأوعية الدموية ، وهذه مفيدة في تشخيص تصلب الشرايين ، أو إجهاد جدرانها .

ويتأثر ضغط الدم بصورة رئيسة في حجم الدم الذي يُدفع في كل دقيقة ، ومقاومة الأوعية الدموية لجريان الدم ، وكلما زادت ، زاد ضغط الدم جدول (٧-٣) .

جدول (٧-٣) الدورة الدموية

	الحجم/سم٣	اللزوجة(سم/ثانية)	الضغط (مم زئبق)
الأورطي	١٠٠	٤٠	١٠٠
الشرايين	٣٢٥	١٠-٤٠	٤٠-١٠٠
الشرينات	٥٠	٠,١-١٠	٢٥-٤٠
الشعيرات الدموية	٢٥٠	أقل من ٠,١	١٢-٢٥
الوريدات	٣٠٠	أقل من ٠,٣	٨-١٢
الأوردة	٢٢٠٠	٠,٣-٥	٥-١٠
الوريد الأجوف	٣٠٠	٥-٢٠	٢

ينخفض ضغط الدم بصورة رئيسة لأن جدران الوريد تبدي مقاومة احتكاكية لحركة الدم ، مع أن الأوردة الرئيسة تساعد القلب على دفع الدم . وأكثر الأوعية ضيقاً أكثرها مقاومة ، وبذلك فإن سرعة جريان الدم ينخفض إلى لا شيء في طريق الشعيرات الدموية (capillary beds) . والأوردة ضعيفة ، ولا تساعد على دفع الدم إلى القلب . علاوة على أن الدم في الأوردة أسفل القلب يجب أن يعود ضد الجاذبية الأرضية ، وبذلك يميل الدم للتجمع في الأوردة . وتحتوي الأوردة نحو ٢٢٠٠ سم^{٣} دماً ، وباقي الأوعية الدموية تحتوي جميعها فقط نحو ١٣٠٠ سم^{٣} .

ويعود الدم في الأوردة إلى القلب ، مدفوعا بصورة رئيسة بعضلات الجسم ، فعندما تنقبض العضلات ، تضغط على الأوردة من الخارج دافعة الدم على طول الوريد . وتسمح الصمامات في الأوردة للدم أن يجري باتجاه القلب فقط . وعندما تعود العضلات للاسترخاء ، فإن الصمامات تمنع الدم من العودة إلى الخلف . ومع أن انقباض العضلات ضروري لدفع الدم خلال الأوردة ، إلا أن العضلات تتعب وتتوقف دون حركة للمدة نفسها التي انقبضت فيها .

ويسمح الوقوف للدم أن يتّجمع في أوردة القدمين والرجلين . وتمتلئ القدمين بالدم ، ويفقد الجسم مؤقتا استخدام الدم الذي يجب أن يوزع الأكسجين والغذاء إلى الأنسجة الأخرى . وأظهرت الدراسات الحديثة أن الطلبة الذين يهزهزون أقدامهم أكثر نشاطا ويتقدمون بصورة أفضل في الامتحانات الطويلة أكثر من زملائهم الجالسين دون هزهزة أقدامهم .

إن ضغط الدم في الشرايين ، والشرينات ، والشعيرات الدموية ليس ثابتا دائماً . ويمكن للعضلات في الوعاء الدموي أن تنقبض أو تنبسط ، مغيرة قطر الوعاء ، وهذا يغير ضغط الدم ويجعل مروره في الوعاء أكثر سهولة أو صعوبة . فإذا زادت نسبة دقات القلب ، أو زاد حجم الدم الذي يضخ في كل دقة ، فهناك زيادة عامة في ضغط الدم .

١-١٠- تكيفات الجهاز الدوري للتمارين

The Circulatory System's Adjustments to Exercise

يتكيف الجهاز الدوري في عدة طرق للتغيرات الفسيولوجية . وتضبط هذه التكيفات بالتغذية الراجعة السالبة (negative feedback) ، (وهي الآلية التي تضبط تحفيز نشاط مكافئ يعيد ظرف معين إلى معدله الطبيعي) .

وتؤكد أن تركيب السائل خارج الخلايا يبقى دائماً ثابتاً . وسوف ندرس كمثال ، بعض استجابات الجهاز الدوري لتدريب نشيط أو قوي .

عند بدء التدريب ، يرسل الجهاز العصبي نبضات إلى الغدتين الكظريتين (adrenal galnds) ، تقع كل غدة فوق كلية ، مسببة إفراز الأدرينالين إلى مجرى الدم . ويحفز الأدرينالين الطحال (spleen) (عضو خلف المعدة) وأعضاء أخرى تختزن الدم أن تفرغ بعضا من مخزونها من الدم في الجهاز الدوري ، وبهذا يزيد حجم الدم فيه . ويسبب الأدرينالين أيضا توسع الأوعية الدموية (vasodilation) ، وعندما تتوسع الشرينات ، والشعيرات الدموية في الجلد ، والعضلات ، والقلب ، يزيد تزويد هذه الأعضاء بالدم ، وبسبب هذه الزيادة ، يقل الدم الذي يزود به الجسم والكليتين ، كما يسبب الأدرينالين انقباض الأوعية الدموية الصغيرة في هذه الأعضاء . وهذا التناوب في تزويد الدم يساعد على المحافظة على ضغط الدم . ولا يوجد دم كافٍ لملء الجهاز الدوري في حالة التمدد .

ويحفز الأدرينالين أيضا زيادة معدل التنفس ، ومعدل النبض . ويسّرع في أخذ الأكسجين والتخلص من ثاني أكسيد الكربون ، كما يسّرع القلب ضخ الدم خلال الجسم ، وهذا يزود العضلات بالأكسجين ويخلصها من الفضلات بصورة أسرع .

وتنتج العضلات خلال التدريب ثاني أكسيد الكربون ، وحامض اللاكتيك أكثر من المعتاد . وتجعل هذه المواد الدم أكثر حموضة عند مروره خلال العضلات ، وينتج عن زيادة الحموضة ثلاثة أمور هي : تجعل الدم يعطي معظم أكسجينه في العضلات ، وتزيد اتساع الأوعية الدموية في العضلات ، وتحفز الجهاز العصبي لزيادة إفراز الأدرينالين والتنفس ومعدل ضربات القلب .

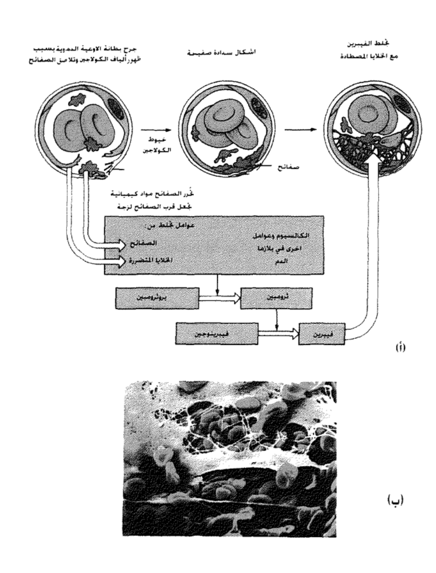
هذه فقط بعض من التفاعلات التي تحدث عند تكيف الجسم للتدريب ، لكنها توضح تعقيد الآليات الفسيولوجية التي تكيف الوظائف الحيوية للجسم لتغيرات في نشاطها .

١-١١- الالتهابات وتجلط الدم Inflamation and Blood Clotting

الالتهاب هو التغيرات التي تحدث للنسيج استجابة لضرر لحق به . وتفرز الأنسجة المتضررة الهستامين ، وهو حامض أميني مشتق أو ثانوي . ويزيد الهستامين الدم في المنطقة المتضررة كما يزيد نفاذية الشعيرات الدموية ؛ وبذلك يسري السائل وبروتينات التجلط من الدم إلى الأنسجة . وحالا تغلق الجلطة المنطقة المتضررة ، وتحميها من الإصابة بالبكتيريا والمواد الغريبة الأخرى من البيئة الخارجية . ويتم جذب خلايا الدم البيضاء كيميائيا إلى المنطقة المتضررة ، حتى تلتهم البكتيريا والخلايا الميتة ، وبعدها تموت هذه الخلايا البيضاء ، وتتجمع على شكل صديد مكان الالتهاب الحاد .

وتبدأ الجلطة عندما يجرح جدار الوعاء الدموي ، وهي عملية معقدة ، ونصفها هنا بشكل مبسط يسهل فهمك لها شكل (٧-١٥) . تفرز الخلايا المجروحة مواد تجذب الصفائح الدموية إلى الجرح ، وعندما تتلامس الصفائح مع خيوط البروتين الهيكلي (structural protein) يظهر الكولاجين ، وتنحل هذه المواد مكونة سدادة مؤقتة للوعاء المجروح . وتفرز الخلايا المجروحة أيضاً مادتين ،الأولى سيروتونين (serotonin) ، وهي تسبب انقباض العضلات في جدار الوعاء الدموي ، وينقبض الوعاء الدموي ، مما يقلل فقدان الدم . وتُحرر الصفائح الدموية أيضا إنزيم الثرمبوبلاستين (thromboplastin) ، الذي يساعد على تغيير أحد بروتينات البلازما ، البروثرومبين (prothrombin) ، إلى ثرومبين(thrombin) . وهو إنزيم يساعد على تغيير بروتين

بلازما أخر ، هو الفيبرينوجين (fibrinogen) إلى فيبرين ، وتكوّن خيوط الفيبرين شبكة حول الصفائح المتحللة . وهناك بروتين بلازما آخر يساعد على تحول الشبكة الضعيفة من الفيبرين إلى سدادة صلبة دائمة هي الجلطة (clot) ، التي تغلق الجزء المجروح من الوعاء الدموي من الخارج .



شكل (٧ -١٥) الجلطة الدموية

١٢-١ ضبط مكونات الدم Control of Blood Composition

إن محتويات الدم (وكذلك السائل خارج الخلايا) يُنظم في حدود ضيقة جدا . وهناك عدة أجهزة تضبط المواد في الدم ، تضيف أو تزيل هذه المواد كما يتطلبه الوضع . مثلا ، إذا انخفض عدد خلايا الدم الحمراء ، فإن نقص الأكسجين الناتج يحفز خلايا الكلية على إفراز هرمون إيريثروبيوتين (erythroptaietin) في الدم . وعندما يصل هذا الهرمون نخاع العظم ، يحفز زيادة إنتاج خلايا الدم الحمراء ، وتزيد هذه الخلايا قدرة الدم على نقل الأكسجين . وعندما يعود مستوى أكسجين الدم إلى الحالة الطبيعية ، يتوقف إنتاج الإيريثروبيوتين ، ويعود إنتاج خلايا الدم الحمراء إلى الوضع الطبيعي .

وتضبط الكليتان كمية الماء ، والأملاح ، والفضلات النيتروجينية ، (سنناقش هذا الموضوع في الفصل الثامن جهاز الإخراج) .

والكبد هو العضو الأكثر مسؤولية عن تنظيم جزيئات الطعام في الدم . يمر الدم خلال الشعيرات الدموية في جدران الأمعاء ملتقطا الطعام من القناة الهضمية ، ويحملها مباشرة خلال الوريد الكبدي البابي ،إلى قاعدة الشعيرات الدموية (capillary beds) في الكبد شكل (٧-١٢) .

والجهاز الكبدي البابي هو أحد المواضع القليلة في الجهاز الدوري حيث يمر الدم خلال قاعدتين منفصلتين للشعيرات الدموية قبل أن يعود إلى القلب . ويخلص الكبد الدم من الجلوكوز الزائد ويخزنه على شكل سكر معقد (polysacchoride) ، هو النشاء الحيواني (glycogen) . وعندما ينخفض مستوى الجلوكوز في الدم إلى حد كبير ، فإن الكبد يكسر النشاء الحيواني (الجليكوجين) ويحرر الجلوكوز إلى مجرى الدم .

وللكبد وظائف أخرى في أيض البروتين . إذا التقط الدم أحماضاً أمينية زائدة من القناة الهضمية ، فإن الكبد يحطهما . ويستخدم الكبد أيضا الأحماض الأمينية لصنع بروتينات البلازما ، متضمنة بروتينات التجلط والألبيومينات . إضافة إلى تكسر

هيموجلوبين خلايا الدم الحمراء المسنة في الكبد . وتبقى ذرات حديد الهيموجلوبين وتستعمل ثانية ، حلقة البورفيرين (porphyrin ring) التي تطرح في الصفراء .

١-١٣- مجموعات دم الإنسان Human Blood Groups

تختلف مجموعات الدم بين الناس باختلاف شيفرات جيناتهم لبروتينات الدم . وأهم بروتينات الدم هي سلسلة ABO والعامل الريزيسي (Rh) ، إضافة إلى عدة بروتينات أخرى .

دعنا ندرس مجموعات الدم ABO ، فإذا دخلت مادة بروتينية غريبة إلى دم الإنسان ، فإن جهاز المناعة في الجسم يكوّن أجساما مضادة (antibodies) في بلازما الدم . والمادة البروتينية التي تسبب تكوّن الأجسام المضادة تعرف بالأنتجينات (مولدات الإلصاق) ، وتوجد على أغشية خلايا الدم الحمراء ، وهذه الأنتيجيات هي خلايا جليكوبروتين(بروتين مرتبط مع كاربوهيدرات) .

ويوجد في دم الإنسان نوعان رئيسان من الأنتيجينات هما (A) و (B) . وقد قسم العالم لاندرستينر (Landesteiner) مجاميع دم الإنسان حسب نوع الأنتيجين الموجود أو غيابه إلى أربع مجموعات رئيسة جدول (٧- ٦) .

ولا يمكن أن تحتوي بلازما دم شخص ما على أجسام مضادة للأنتيجينات التي تحويها كريات دمه الحمراء ؛ لأن ذلك يؤدي إلى تلاصق (agglutination) كريات الدم الحمراء مما يسبب انسداد الأوعية الدموية ثم الموت .

ويتوقف نوع الجسم المضاد في مجموعات الدم على نوع الأنتيجين الموجود في خلايا الدم الحمراء بحيث لا يحدث بينها تفاعل يسبب تلاصق خلايا الدم الحمراء وانسداد الأوعية ثم الموت .

جدول (٧- ٦) مجموعات الدم ونقل الدم

مجموعة الدم	الأنتيجين	الأجسام المضادة	يمكن أن يعطي الدم إلى	يمكن أن يأخذ الدم من
A	A	AB , A	AB , A	O, A
B	B	AB, B	AB , B	O, B
AB	B , A	BA	AB	O, AB, B,A
O	لا يوجد	مضاد A ومضاد B	O, AB, B,A	O

مثلاً ، عند نقل دم من شخص مجموعة دمه A إلى شخص مجموعة دمه O ، فإن نوع الخلايا الحمراء A تتصادم مع المضاد A في بلازما الخلايا الحمراء O ، وتتلاصق الخلايا الحمراء A ، وتغلق الأوعية الدموية ، وتتوقف الدورة الدموية لمختلف أجزاء الجسم ، وهذه بدورها تسبب ضرراً حاداً ويمكن أن تسبب الموت .

ومجموعات الدم للعامل الريزيسي (Rh) تختلف عن مجموعات الدم ABO في أن الأجسام المضادة ABO موجودة دائماً في الجسم ، بينما مضادات العامل الريزيسي تنتج فقط عندما تدخل أنتيجينات العامل الريزيسي الغريبة إلى الجسم . يسمى الأشخاص الذين يحتوي خلايا دمهم الأنتيجين Rh ، موجبي العامل الريزيسي ويسمى الأشخاص الذين لا تحتوي خلايا دمهم الأنتيجين Rh سالبي العامل الريزيسي ، فإذا نقل دم من شخص موجبRh إلى شخص سالب Rh فإن الأجسام المضادة للعامل الريزيسي سوف تنمو خلال مدة تتراوح ما بين ٢-٤ شهور في الشخص سالب Rh وأي دم موجب Rh ، يدخل الدورة الدموية لهذا الشخص سوف يتلاصق . ولذلك فإن نقل الدم يتطلب معرفة الدم من حيث كونه موجباً أو سالباً Rh إضافة إلى معرفة فصيلة الدم .

ومجموعات دم Rh تعرف جيدا بدورها في انحلال خلايا الدم الحمراء للجنين (erythroblastosis fetalis) . وفي هذه الحالة ، فإن خلايا الدم الحمراء تتلاصق ، وعادة يموت الجنين ما لم يتم تغيير دمه . ويحدث هذا الأمر نتيجة حمل الأم سالبة

Rh بجنين موجب Rh ، ففي أثناء الولادة يمكن أن يدخل الدورة الدموية للأم بعضا من دم الوليد ، عندها ينتج جسم الأم أجساماً مضادة لمضاد Rh ، وإذا حملت جنيناً آخر موجب Rh ، فإن الأجسام المضادة لمضاد Rh في جسمها تنتشر خلال المشيمة إلى الجنين ، مسببة تلاصق دم الجنين . والآن ، فإن الأم سالبة Rh تحقن بأجسام مضادة لمضاد Rh خلال ٧٢ ساعة بعد ولادتها لطفل موجب Rh ، وهذا يمنع جسم المرأة من تكوين أجسام مضادة لأنتيجين Rh الموجب .

٠٢ الجهاز الليمفاوي The Lymphatic System

إن قواعد الشعيرات الدموية (capillary beds) من أهم أجزاء الجهاز الدوري ، حيث يتم تبادل المواد بين الدم ، والسائل البيني ، والخلايا . ومعظم المواد ، مثل الجلوكوز والأكسجين ، تترك الدم إلى السائل خارج الخلايا بوساطة الانتشار بين السائلين . وتعود الفضلات وثاني أكسيد الكربون إلى الدم بنفس الطريقة ، إضافة إلى أن الماء والجزيئات الكبيرة مثل الهرمونات والبروتينات الصغيرة ، تدخل الدم وتخرج منه ، إما بوساطة حركتها خلال الفراغات بين خلايا جدران الشعيرات الدموية أو بوساطة الامتصاص الخلوي (Pinocytosis) لهذه الخلايا .

يترك الماء الشعيرات تحت الضغط الناتج من جراء اندفاع الدم بقوة في وعاء دموي صغير القطر ، وتضيع كمية كبيرة من الماء في نهاية الشعيرة الدموية ، إضافة إلى أن كمية من السائل تترك الدم من خلال الشعيرات الدموية أكثر من السائل الذي يدخل إليه .

ويتجمع هذا السائل الزائد ويصرف بعيدا خلال الأوعية الليمفاوية ، وهي ذات جدران رقيقة بها صمامات لجعل حركة السوائل باتجاه واحد فقط ، شكل(٧-١٨) . وتتحد الأوعية الليمفاوية لتكون القناة الصدرية (thoracic duct) والقناة الليمفاوية اليمنى (right lymphatic duct) .

والقناة الصدرية أكبر وعاء ليمفاوي تتصل بالجذع الودجي الأيسر ، والجذع تحت الترقوي الأيسر ، اللذين يحملان الليمف من الناحية اليسرى من الرأس والرقبه

والعنق ومن الذراع اليسرى على التوالي . وبعد ذلك تدخل القناة الصدرية مباشرة إلى الوريد تحت الترقوي الأيسر .

ويجمع الجذع الودجي الأيمن الليمف من الناحية اليمنى من الرأس والعنق ، كما يجمع الجذع تحت الترقوي الأيمن الليمف من الذراع اليمنى ، وتتحد هذه الأوعية لتكون القناة الليمفاوية اليمنى ، التي تصب في الوريد تحت الترقوي الأيمن .

وتقوم الأوعية الليمفاوية بعدة وظائف هي :

١. تصرّف الماء الزائد من السائل خارج الخلايا وتعيدها إلى الجهاز الدوري .

٢. تعمل كخزان مؤقت للسوائل التي تدخل الجسم ، فبعض السائل الممتص من القناة الهضمية يدخل الأوعية الليمفاوية مخففاً العبء عن الكليتين .

٣. تحمل الجزيئات الكبيرة ، مثل البروتينات الكبيرة والهرمونات إلى مجرى الدم . فهذه الجزيئات كبيرة جداً لا تستطيع عبور جدار الشعيرة الدموية وبذلك لا تستطيع الوصول إلى مجرى الدم مباشرة .

٤. بعض جزيئات الطعام ، وبخاصة الدهون ، تتحرك إلى الليمف أكثر منه إلى الدم عندما تمتصها الأمعاء . وتشكل الأوعية الليمفاوية الطريق الرئيس لمرور تلك الجزيئات لتصل إلى الدم .

٥- توجد عقد ليمفاوية في مناطق مختلفة من الجسم ، وهذه العقد جزء مهم في الدفاع عن الجسم ضد الأمراض .

٢٢-١- العقد الليمفاوية Lymph Nodes

إن الأوعية الليمفاوية التي تحمل الليمف من الأنسجة لا تجري مباشرة إلى الأوعية الليمفاوية الكبيرة ، ولكن طريقها ينقطع في أثناء مسارها بوساطة أعضاء صغيرة تسمى العقد الليمفاوية ، وهذه العقد الليمفاوية هي الغدد التي كثيراً ما نحسها تحت الجلد ، وهي عبارة عن شعيرات ليمفاوية متجمعة . وفي بعض الحالات ، فإن عددا من الأوعية الليمفاوية الواردة (afferent) تحمل الليمف إلى

الجزء الخارجي من كل عقدة ليفماوية . ويمر الليمف عبر العقدة ، يتم حمله بعيداً عنها في وعاء صادر (efferent) واحد ، ويذهب إلى العقدة التالية . وهكذا يشق الليمف طريقه على خطوات إلى القناة الصدرية أو القناة الليمفاوية اليمنى . والأوعية الليمفاوية التي تحمل الليمف من عقدة إلى أخرى ، لها جدران رقيقة جداً . ومنظرها من الخارج حبيبياً ، ويرجع ذلك إلى وجود صمامات صغيرة ذات اتجاه واحد . ويتراوح عدد العقد الليمفاوية في جسم الإنسان ما بين ٦٠٠-٧٠٠ عقدة ، ويختلف حجمها من حجم حبة العدس إلى حجم اللوزة . وللعقد الليمفاوية وظيفتان :

ترشيح الليمف وإزالة الجزيئات الغريبة والجراثيم الضارة داخل تيار الليمف ، كما أنها تنتج خلايا أحد أنواع خلايا الدم البيضاء التي لها أهمية خاصة في مقاومة الالتهابات المزمنة .

والعقد الليمفاوية تشبه في شكلها الكلية ، وكثير منها يوجد تحت الجلد مباشرة ، وغيرها يوجد على مستوى أعمق من ذلك بكثير . ويدخل الليمف إليها عن طريق أوعية كثيرة توجد في الخارج حولها ، ويترشح الليمف ببطء في جسم العقدة ثم يغادرها بوساطة وعاء منفرد يخرج عند النقطة التي يدخل فيها الوريد والشريان اللذان يغذيان العقدة بالدم . ويوجد داخل العقدة كثير من التجمعات المستديرة من الخلايا المرصوصة قريبا من السطح ويطلق عليها اسم (تجمعات التكاثر) وهي التي تنتج الخلايا الليمفاوية . ومن الأمثله على هذه العقد اللوزتان .

وسنناقش الجهاز الليمفاوي بشكل أكثر تفصيلاً في الفصل الحادي عشر .

٠٣ الخلاصة

٠١ إن سرعة جريان الدم وانتظامه يتم بوساطة مضخة عضلية ، هي القلب ، ومجموعة أنابيب هي الأوعية الدموية .

٠٢ يجري الدم خلال الدورة الدموية من منطقة الضغط العالي ، البطينان المنقبضان ، خلال الأوعية الدموية ، إلى منطقة الضغط الأقل حين عودته إلى القلب .

٠٣ تمنع الصمامات الموجودة في القلب والأوردة رجوع الدم إلى الخلف .

٠٤ إن تمدد الشرينات والشعيرات الدموية وانقباضها ينظم ضغط الدم ، ويزود مختلف أجزاء الجسم بالدم .

٠٥ يحتوي الدم ثلاثة مكونات رئيسة هي : الخلايا البيضاء والخلايا الحمراء والصفائح .

٠٦ الخلايا البيضاء أكول وهي مجموعتان محببة وغير محببة .

٠٧ الخلايا الحمراء هي أكثر أنواع خلايا الدم عدداً ، ويحتوي سيتوبلازمها صبغة تنفسية حمراء اللون هي الهيموجلوبين ، ومن وظائف هذه الخلايا نقل الأكسجين .

٠٨ الصفائح الدموية دقيقة جداً ، ولها دور في تجلط الدم .

٠٩ حتى تقوم عضلة القلب بالانقباض بشكل يخدم وظيفتها لا بد من منظم لهذه الانقباضات ، هو منظم القلب ، وهو عبارة عن عقدتين عصبيتين : الأولى تسمى العقدة الجيب أذينية في جدار الأذين الأيمن . والثانية تسمى العقدة الأذينية البطينية وتوجد عند الحاجز بين البطينين .

٠١٠ يتكيف الجهاز الدوري للتغيرات الفسيولوجية ، ويتم ضبط هذه التكيفات بالتغذية الراجعة السالبة .

٠١١ تختلف مجموعات الدم باختلاف شيفرات جيناتهم لبروتينات الدم .

١٢• يتكون الجهاز الليمفاوي من الأوعية الليمفاوية والليمف ، والليمف هو الجزء المائي من الدم .

١٣•جدران الأوعية الليمفاوية رقيقة بها صمامات تجعل حركة السوائل باتجاه واحد .

١٤• القناة الصدرية أكبر وعاء ليمفاوي .

١٥• الغدد الليمفاوية تشبه الكلية وهي عبارة عن شعيرات ليمفاوية متجمعة .

٠٤ أسئلة للتقويم الذاتي

٠١ يوجد صمام متزال :

أ) بين البطين الأيسر والأورطي ب) بين الأذين الأيمن والبطين الأيمن

ج) بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر د) بين الأذين الأيمن والوريد الأجوف العلوي

٠٢ أوعية دموية تتميز بسمك جدرانها ومرونتها وخلوها من الصمامات :

أ) الأوردة ب) الشرايين

ج) الشعيرات الدموية د) جميع الأوعية الدموية

٠٣ وريدان يجلبان الدم من الرأس والدماغ والعنق :

أ) الودجيان ب) الترقويان

ج) الحرقفيان د) الأجوفان

٠٤ يفقد الدم أكبر كمية من الأكسجين في أثناء تدفقه في :

أ) الشعيرات الدموية حول الحويصلات الهوائية ب) الأذين الأيسر للقلب

ج) الشرايين . د) الشعيرات الدموية في الجسم

٠٥ تدخل القناة الصدرية مباشرة في الوريد :

أ) الأجوف العلوي ب) تحت الترقوي الأيمن

ج) تحت الترقوي الأيسر د) الأجوف السفلي

٠٦ يتحول الفيبرينوجين في وجود الثرومبين إلى بروتين غير ذائب هو . . . .

٠٧ أوعية دموية مهمة في المحافظة على ضغط مناسب للدم هي . . . .

٠٨ أوعية دموية يتم فيها تبادل الغذاء ومواد أخرى هي . . . .

٠٩ يعبر عن ضغط الدم بنسبة الضغط . . . . إلى الضغط . . . .

١٠. منظم القلب عبارة عن .... همـا ....
و ....

١١. أكبر شريان في جسم الإنسان هو ....

١٢. تحمل الشرايين السباتية الدم إلى ....

١٣. تتبع طريق جزيء دهني من وقت خروجه من الأمعاء حتى وقت ترسبه في النسيج الدهني في الجسم . اذكر أسماء التراكيب بالترتيب التي يمر بها . (أعط أقصر طريق ممكن) .

٥٠ أسئلة للمراجعة

٠١ تقع الشرايين عميقا في الجسم ، بينما تقع الأوردة قريبة من السطح . ما الفائدة من هذا الترتيب؟

٠٢ لماذا يزداد تدفق الدم إلى الجلد في أثناء التدريب؟

٠٣ ماذا يحدث لشخص مجموعة دمه A تلقى دما من شخص آخر مجموعة دمه AB؟

٠٤ يعرف بعض الناس الشرايين أنها أوعية دموية تحمل دماً مؤكسجاً ، والأوردة أوعية دموية تحمل دماً غير مؤكسج . ما الخطأ في هذين التعريفين .

٠٥ تتبع حركة الدم خلال القلب والدورة الرئوية ، مسميا كل حجرة من الحجرات ، والصمامات ، والشرايين ، والأوردة التي يمر خلالها الدم .

٠٦ اشرح كيف يتم نقل الأكسجين في الدم ، متضمنا بصورة خاصة دور الهيموجلوبين . أجب عن نفس السؤال لكن فيما يتعلق بثاني أكسيد الكربون .

٠٧ قارن بين تركيب ووظائف كل من : خلايا الدم الحمراء والبيضاء .

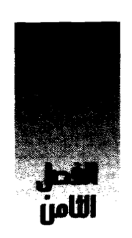
٠٨ لخص عملية تجلط الدم .

٠٩ قارن بين وظائف : الشرايين ، والشعيرات الدموية ، والأوردة .

٠١٠ تتبع طريق خلية دم حمراء من الوريد الأجوف السفلي إلى الأورطي ومن الوريد الودجي إلى الكلية .

٠١١ ما وظيفة الجهاز الكبدي البابي؟ وكيف يختلف تسلسل أوعيته الدموية عن معظم طرق الدورة الدموية الأخرى؟

٠١٢ كيف يساعد الجهاز الليمفاوي في المحافظة على توازن السائل؟



جهاز الإخراج

Excretory System

المحتويات

الأهداف التعليمية

٤-١-٢- إعادة الامتصاص

٤-١-٣- الإطراح

٠٥ التبادل في الاتجاه المعاكس

٠٦ تركيب البول

٠٧ الاتزان البدني للسائل

٧-١- تنظيم حجم البول

٧-٢ - تنظيم إعادة امتصاص الصوديوم

٠٨ الكلية الصناعية

٨-١- استخدام الكلية الصناعية

٠٩ الخلاصة .

٠١٠ أسئلة للتقويم الذاتي

٠١١ أسئلة للمراجعة

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن :

١٠ تحدد أعضاء الإخراج في الإنسان .

٢٠ تشرح كيف يعمل الكبد كعضو إخراج .

٣٠ تشرح كيف يعمل الجلد كعضو إخراج .

٤٠ ترسم الجهاز البولي في الإنسان محدداً الأعضاء على الرسم ، وموضحا وظيفة كل عضو .

٥٠ تكتب على شكل مرسوم للنفرون التراكيب الرئيسة له ، وتعطي وظيفة كل تركيب .

٦٠ تصف عملية تكون البول ، وتعقد مقارنة بين الترشيح وإعادة الامتصاص .

٧٠ تتتبع نقطة من الراشح من محفظة بومان إلى أن تتحرر من الجسم كبول .

٨٠ تصف التبادل بالاتجاه المعاكس ، وتفسر أهمية هذه الآلية .

٩٠ تصف تأثير كل من على حجم البول وتركيبه : ADH ، وتناول السائل بكمية قليلة ، وتناول الكحول ، وأكل كيس من شيبس البطاطا .

١٠٠ تلخص وظائف الكليتين في المحافظة على الاتزان الداخلي .

١٠ الإخراج Excretion

الإخراج :هو عملية إزالة فضلات الأيض (metabolism) ، ويحافظ جهاز الإخراج على الاتزان البدني (homostasis) بثلاث طرق : (١) يخرج فضلات الأيض ؛ (٢) يقوم بالتنظيم الأسموزي (ينظم سوائل الجسم ومحتواه من الأملاح) ؛ (٣) ينظم تركيزات معظم محتويات سوائل الجسم . وحتى يقوم جهاز الإخراج بهذه الوظائف الثلاث ، يجمع عضو الإخراج السائل ، عادة من الدم أو من السائل بين الخلوي . ثم يتم ضبط مكونات هذا السائل باعادة امتصاص المواد التي يحتاجها الجسم . وأخيراً ، تطرح مواد الاخراج مثل البول من الجسم . وتتكون نواتج الفضلات الرئيسة بسبب نشاطات أيضية ، وهذه الفضلات هي : الماء وثاني أكسيد الكربون ، وفضلات نيتروجينية ، وأملاح معدنية غير عضوية .

٢٠ أعضاء الإخراج

يتم الإخراج في الإنسان بوساطة عدد من الأعضاء هي :

الرئتان (lungs) ؛ والكبد (liver) ؛ والجلد (skin) ؛ والغدد العرقية (sweat glands) ؛ والكليتان (kidneys) .

٢-١- الإخراج عن طريق الرئتين

يتم بوساطتهما تخليص الجسم من غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء الناتجين عن عملية التنفس . وتقدر كمية غاز ثاني أكسيد الكربون التي تخرج عن طريق الرئتين ما بين ٧٠٠-٨٠٠ جم في اليوم الواحد .

٢-٢- الإخراج عن طريق الكبد

يعتبر الكبد أضخم عضو في جسم الإنسان البالغ ، حيث يصل وزنه نحو نصف كجم ، ويقع داخل تجويف البطن في مستوى المعدة في الجهة اليمنى منها . وللكبد دور مهم في عمليات الإفراز والإخراج والأيض وتخثر الدم وإزالة السموم .

ويقوم الكبد بتكوين العصارة الصفراوية التي تصب في الإثني عشر عن طريق القناة الصفراوية . وتكوين الصفراء عملية إخراج إضافة إلى أنها عملية إفراز . وهي

عملية إخراجية لأن الصفراء تحوي أصباغ الصفراء (pile pigments) التي تنتج عن تكسر هيموجلوبين الدم في الطحال أو نخاع العظام أو الكبد ، ومن هذه المواد الصبغية مادتا البلفردين (biliverdin) وهي خضراء اللون ، والبيليروبين (bilirupin) وهي صفراء اللون . وتوجد الأخيرة في الإنسان بكمية أكبر من الأولى وتكسب العصارة لونها الأصفر الذهبي . ويسبب تراكمها في الدم إكساب الأنسجة لوناً أصفر كما هو الحال حين الإصابة بمرض الصفراء (اليرقان) (jaundice)

وللكبد دور مهم في تخليص الجسم من السموم ، فهو يحول المواد السامة التي تحمل إليه عن طريق الوريد الكبدي البابي ، إلى مواد غير سامة أو أقل سمية وتطردها خارج الجسم عن طريق الكليتين ، فمثلا حامض البنزويك مادة سامة تتحد في الكبد مع جزء من الحامض الأميني الجلايسين فتتكون مادة جديدة هي حامض الهيبوريك وهو أقل سمية من حامض البنزويك ، ويطرح هذا الحامض في الدم ، وتقوم الكلية بفصله وطرده إلى خارج الجسم مع البول .

وكما ذكرنا سابقاً أن الأحماض الأمينية هي اللبنات الأساسية في بناء البروتينات التي هي ضرورية لحياة الخلايا ونموها وتعويض ما يتلف منها ، والجسم يتناول من الأحماض الأمينية أكثر مما هو في حاجة إليه ، ثم تتعرض كثير من الخلايا التالفة لتحطيم بروتيناتها إلى أحماض أمينية ، والأحماض الأمينية الزائدة عن حاجة الجسم والناتجة عن تلف الخلايا تتعرض لعملية تعرف بنزع الأمين (deamination) ، أما الجزء المتبقي من الحامض الأميني الذي يحتوي الكربون والهيدروجين والأكسجين فيجرى تحويله على شكل نشاء حيواني (glycogen) .

وتتم في الكبد عملية فصل مجموعة الأمين بوساطة إنزيمات خاصة تؤدي إلى تكوين الأمونيا كناتج ثانوي كما في المعادلة الآتية :

$$R-\underset{\underset{COOH}{|}}{\overset{\overset{NH_2}{|}}{C}}-H + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons R-\underset{\underset{COOH}{|}}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}} + NH_3$$

حامض أميني — حامض الكاربوكسل — أمونيا

والأمونيا مادة سامة تتحول إلى بولينا (urea) تطرح في الدم ، وتقوم الكليتان باستخلاصها مع البول من الدم .

وقد أمكن إثبات أن الكبد هو العضو الذي تتم فيه عملية نزع الأمين وتحويل الأمونيا إلى بولينا ، عن طريق إجراء تجارب عديدة ، منها :

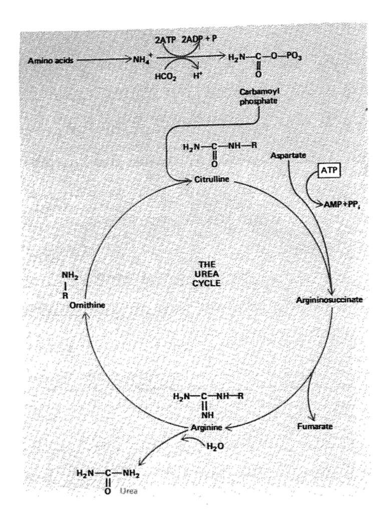
٠١ إن استئصال الكبد في حيوانات التجارب يؤدي إلى ارتفاع نسبة الأحماض الأمينية في الدم وعدم تكون البولينا .

٠٢ إذا حقنت أحماض أمينية في الوريد الكبدي البابي وسرت في الكبد نتجت عن ذلك زيادة في نسبة البولينا في الدم الخارج من الكبد .

٠٣ إذا حقنت مادة كربونات الأمونيوم في الوريد الكبدي البابي ودارت في الكبد لوجدنا أنها تتحول إلى بولينا .

وتكون البولينا من الأمونيا في الكبد يتم من خلال دورة البولينا (urea cycle) شكل (٨-١) ، التي اكتشفها كريبس عام ١٩٣٢ . ففي دورة البولينا ،تتكثف NH_2 و CO_2 مع الفوسفات لتكوين فوسفات الكاربامل (carbamy phosphate) ، التي تدخل طريق التصنيع لتكوين السترولين . ويضاف جزيء NH_3 آخر من حامض الأسبارتك لتكوين الحامض الأميني آرجنين (arginin) . وفي وجود إنزيم الآرجنيز ، فإن الآرجنين يتحلل إلى بولينا وأورنثين ، ويبقى الأورنثين لإعادة تصنيع السترولين ، وبهذا تستمر الدورة ، لذلك تسمى أيضا حلقة الأورنثين .

والبولينا نسبيا غير سامة وذائبة جدا . وعليه فإنها مناسبة للإخراج بوساطة الكليتين .



شكل (٨-١) دورة البولينا

٢-٣- الإخراج عن طريق الجلد

يحتوي جسم الإنسان البالغ ما بين ٢-١٥ مليون غدة عرقية تفرز ما بين ٠,٥-٢ لتر من العرق يوميا . وفي الجو الحار جدا تفرز نحو ١٠ لترات من العرق و٣٠ جم من الملح يوميا ، ويتم خروج معظم الماء من الجلد عن طريق إفراز الغدد العرقية .

وتتوزع الغدد العرقية في جميع أجزاء الجلد ، وتكثر في الإبطين (axilla or armpit) والأربية (أصل الفخذ) (groins) وراحة اليد (palm of hand) وأخمص القدم (sole of foot) .

ويوجد نوعان من الغدد العرقية :

١· **غدة الأبوكراين apocrine gland**: وهيٍ غدة كبيرة توجد في الإبطين وعند الأربية وبجانب الأعضاء التناسلية ، وتفرز سائلاً يعطي رائحة كريهة للجلد المتسخ . وهرمون الأدرينالين هو المسؤول عن إثارة هذه الغدة ، ولا علاقة للأعصاب بضبطها .

٢· **غدة الإكراين ecerine gland**: وهي غدة صغيرة تنتشر في كل أنحاء الجلد ، وتتألف من أنبوب ملتف على شكل كروي في طبقة الأدمة من الجلد ، وتحيط به وتلامسه شعيرات دموية مما يكسبه صفة عامل تصفية يستخلص العرق من الدم . ويمتد هذا الأنبوب بشكل لولبي مارا بطبقة البشرة حيث يفتح على السطح الخارجي للجلد بفتحة تعرف بمسام العرق ، ويضبط هذا النوع من الغدد العرقية الأعصاب التابعة للجهاز العصبي الودي (السمبثاوي) .

أ) إخراج العرق

تستخلص الغدد العرقية مكونات العرق من الدم الذي يصلها عبر الشعيرات الدموية التي تحيط وتلامس جدار الأنبوب الملتف . وتمر مكونات العرق من الدم إلى خلايا جدار الأنبوب ، ومنها ينتقل إلى تجويف الأنبوب حيث يجتمع ويخرج في الأنبوب المتجه إلى السطح ليخرج من المسام . ويختلف حجم العرق ، فهو يتراوح ما بين ٥٠٠مللي في اليوم البارد إلى ٢-٣ لترات في اليوم الحار . وفي أثناء العمل الصعب في درجات حرارة عالية ، قد يفرز الإنسان نحو ٣-٤ لترات عرق في الساعة الواحدة ، وتفرز الغدد العرقية ٥٪ - ١٠٪ من مجمل فضلات الأيض كما في البول ، لكن بتركيز أقل . ويوجد نوعان من العرق : عرق مدرك ومحسوس ، وعرق غير محسوس ، فالعرق غير المحسوس يحدث باستمرار وغير ملاحظ ويتبخر معظمه قبل وصوله إلى سطح الجلد ، أما العرق المحسوس فيحدث عندما ترتفع درجة حرارة الجسم بسبب ارتفاع درجة حرارة الجو أو القيام بمجهود كبير ، والعرق لا ينظم بالإرادة .

ب) تركيب العرق

يتركب العرق من ٩٨٪ ماء والباقي مواد مذابة هي كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) وحامض اللاكتيك والبولينا والجلوكوز والحديد والأمونيا .

ويختلف تركيب العرق من إنسان إلى آخر ، إذ تزداد كمية اليوريا وبعض المواد العضوية في بعض الناس وتقل في البعض الآخر ، وهذا هو السبب في اختلاف درجة رائحة العرق عند الناس ، غير أن العرق عديم الرائحة في الأحوال العادية ، ويصبح له رائحة إذا بقي الجلد دون غسل مدة طويلة مما يسبب تحلل بعض المواد العضوية .

كما يختلف تركيب العرق باختلاف المؤثر الذي أدى إلى إفرازه ، فالعرق الناتج بسبب الحرارة يكون أكثر حموضة من العرق الناتج بسبب المجهود العضلي ، هذا إضافة إلى اختلاف نسب تركيز الأملاح والأيونات الذائبة فيه .

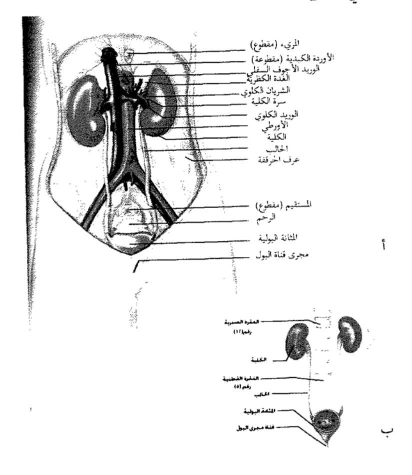
والعرق مهم في تنظيم درجة حرارة الجسم ، وازدياد تدفق الدم إلى الغدد العرقية يؤدي إلى تنشيطها ، وبالتالي تزداد كمية العرق . ويحدث ازدياد تدفق الدم بسبب ارتفاع درجة حرارة الجسم ، فقد قدر أنه كلما ارتفعت درجة حرارة الدم الوارد إلى الدماغ من ٠,٢°-٠,٥° س ، أو كلما ارتفعت درجة حرارة الجلد عن ٣٤,٥° س مثلا ، أدى ذلك إلى تنشيط الغدد العرقية . ولهذه العملية أهمية كبرى في تنظيم درجة حرارة الجسم عن طريق البرودة الناشئة عن تبخر العرق على سطح الجلد . وفي حالات الخوف أو الرعب أو الخجل الشديد يحدث تنشيط مباشر للغدد العرقية نتيجة تدفق الدم وازدياد ضربات القلب بسبب الزيادة الحاصلة في إفراز هرمون الأدرينالين الذي تفرزه الغدة الأدرينالية بكثرة في مثل هذه المواقف . وفي حالة ارتفاع درجة الحرارة نتيجة التهاب ما أو مرض ، تنشط الغدد العرقية وتفرز إضافة للعرق المعتاد بعضا من السموم التي تجرى في الدم وتؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة ، لذا فإن عرق المريض في مثل هذه الحالات يسبب تخفيف الحمى نتيجة خروج السموم التي أدت إلى الحمى ، هذا إضافة إلى عامل التبريد بالبخر ولو أنه هنا قليل الأثر .

وكمية غاز ثاني أكسيد الكربون التي يتم إخراجها يوميا عن طريق الجلد مع العرق تقدر بنحو ٤-٨ جم . والدور الذي يلعبه الجلد عن طريق الغدد العرقية في تنظيم

درجة حرارة الجسم أهم بكثير من دوره كعضو إخراج . وتعتبر الغدد الشمعية في القناة السمعية في الأذن نوعا متحورا من الغدد العرقية .

٢-٤- الإخراج عن طريق الكليتين

الكليتان هما عضوا الإخراج الرئيسان في الإنسان ، حيث يتم التخلص بوساطتهما من الفضلات النيتروجينية ، والماء والأملاح المختلفة ، وتوقف الكليتان عن عملهما يؤدي إلى موت الإنسان . وتكون الكليتان والحالبان والمثانة البولية وقناة مجرى البول الجهاز البولي شكل (٨-٢) .



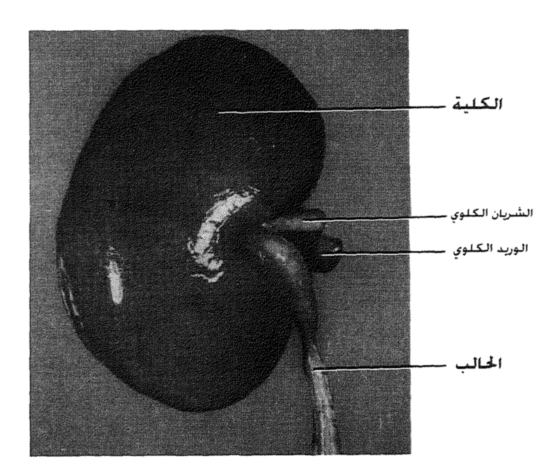
شكل (٨-٢) أعضاء الجهاز البولي (أ) منظر أمامي لأعضاء الجهاز البولي للأنثى (ب) علاقة الكليتين مع الفقرات والأضلاع السفلى

٠٣ الجهاز البولي: Urinary System

٣-١- الكليتان Kidneys

توجد في جسم الإنسان كليتان ، يشبه شكل الكلية حبة الفاصوليا ، لونها بني يميل إلى الإحمرار ، طولها نحو ١٠-١٢ سم ،وعرضها نحو ٧سم ، وسمكها ٣ سم ، ويتراوح وزنها مابين ١٢٠-١٧٠ جراماً ، وحجمها بحجم قبضة اليد ، وتقع الكليتان مباشرة أسفل الحجاب الحاجز في التجويف البطني على جانبي العمود الفقري ، وتمتدان من الفقرة الصدرية الثانية عشرة إلى الفقرة القطنية الثالثة ، والكلية اليسرى أعلى قليلا في وضعها من الكلية اليمنى . ويرجع شكل الكلية لأن لها سطحا خارجيا محدبا وسطحا داخليا مقعرا يسمى سرة الكلية (hilum) ، وفي وسط السطح المقعر تجويف يسمى حوض الكلية (renal pelvis) ، ويعتبر جزءاً من الحالب ، ويخرج من السرة وعاءان دمويان أحدهما متفرع عن الشريان الأورطي (الأبهر) ويعرف بالشريان الكلوي ، وهو ينقل الدم إلى الكلية ويتفرع داخلها ، والآخر هو الوريد الكلوي الذي يعود فيه الدم من الكلية بعد فصل البول منه إلى الوريد الأجوف السفلى ومن ثم إلى القلب ، ويخرج من السرة أيضا الحالب . وتوجد عادة حول كل كلية كمية لا باس بها من الدهن الذي يساعد على إبقائها في مكانها ، كما أنه يوفر لها الحماية من احتمال الإصابة ، ويحيط بها أغشية رابطة تثبتها في مكانها ، ويوجد فوق كل كلية غدة تعرف بالغدة الكظرية أو الغدة فوق الكلوية (adrenal or suprarenal gland) . وتحاط الكلية من الخارج بغشاء ليفي رقيق يعرف بالمحفظة (capsule) يمكن نزعة قبل التشريح .

يسمى الجزء الخارجي من الكلية القشرة (cortex) ، ويسمى الجزء الداخلي منها النخاع (medulla) شكل (٨-٣) .



شكل (٨-٣) قطاع طولي في كلية

تنتج الكليتان البول من الماء ، والأملاح ، والفضلات النيتروجينية ، ومواد أخرى ترشح من الدم . وتساعد الكليتان على المحافظة على الإتزان الكيميائي الداخلي للجسم ؛ وذلك بضبط كمية الماء ، والأملاح ، والمواد الأخرى المطروحة ، ولهذا فإن الكليتين عضوان أساسيان في الإتزان البدني .

٣-١-١- الحالبان Ureters

يخرج من حوض كل كلية أنبوب ضيق ، يتكون جداره من نسيج ليفي عضلي مبطن من الداخل بغشاء مخاطي ، وهو عديم النفاذية للبول ، طوله نحو ٢٥ سم ، ويمتد

إلى أسفل حتى المثانة البولية حيث يفتح فيها بفتحة مائلة من جهتها الظهرية ، وينقل البول من حوض الكلية إلى المثانة بوساطة حركات دودية بطيئة (التحوي) بشكل متتابع كل ١٠-٢٠ ثانية إلى المثانة ، وميلان فتحة الحالب يمنع رجوع البول إلى الحالب ؛ لأن أي ضغط على جدار المثانة يغلق هذه الفتحة وبذلك تغلق الفتحة عند تجمع البول في المثانة .

٣-٢-٢- المثانة البولية Urinary bladder

هي عضو عضلي أجوف بيضاوي الشكل ، يقع في الجزء السفلي الأمامي من تجويف الحوض ، ويقع الجزء المتسع منها في الناحية العلوية ، أما الجزء السفلي فيضيق مشكلا عنق المثانة ، حيث تتصل بقناة مجرى البول ، يُبطنها من الداخل غشاء مخاطي عديم النفاذية للبول ، أما من الخارج فهي مغطاة بغطاء عضلي قوي وبخاصة عند منطقة عنق المثانة ، حيث تكوّن الألياف العضلية حلقتين عضليتين تعرفان بالعضلتين العاصرتين (urinary spincters) تقعان تحت سيطرة الأعصاب الإرادية .
إن العضلة الملساء والنسيج الطلائي الانتقالي الخاص في المثانة البولية يجعلها قادرة على التمدد لتتسع لـ٨٠٠ ملل من البول . فعند زيادة حجم البول في المثانة البولية ، فإن انتفاخ جدرانها العضلية يثير نهايات العصب لترسل النبضات إلى الدماغ ، منتجة الإحساس بامتلاء المثانة ، ويمكن أن ترسل النبضات إلى المثانة البولية مسببة التبول(micturation أو urination) . وتوجد في المثانة ثلاث فتحات ، اثنتان ظهريتان حيث تقع نهايتا الحالبين وتصب فيهما قطرات البول داخل المثانة ، والثالثة سفلية تقع في نهاية عنق المثانة حيث تتصل بقناة مجرى البول ، وتظل هذه الفتحة مغلقة طيلة فترة تجمع البول ، ولا تفتح إلا عند التبول ، وتغلق هذه الفتحة بوساطة العضلتين العاصرتين .

ويعتمد ضبط المثانة على القدرة المكتسبة بالتعلم للمساعدة أو تثبيط رد الفعل الانعكاسي الذي يسبب التبول . ويستطيع الإنسان أن يتعلم كيف يفرغ المثانة إراديا في الوقت المناسب حتى قبل أن تمتلئ . وبنفس الطريقة ، يمكن تأخير التبول بعض الوقت حتى بعد أن تمتلئ المثانة . وهذا الضبط الإرادي لا يمكن أن يتم بوساطة جهاز عصبي غير ناضج ، ومعظم الأطفال غير قادرين على ضبط كامل للتبول حتى سن سنتين .

٣-١-٣- قناة مجرى البول Urethra

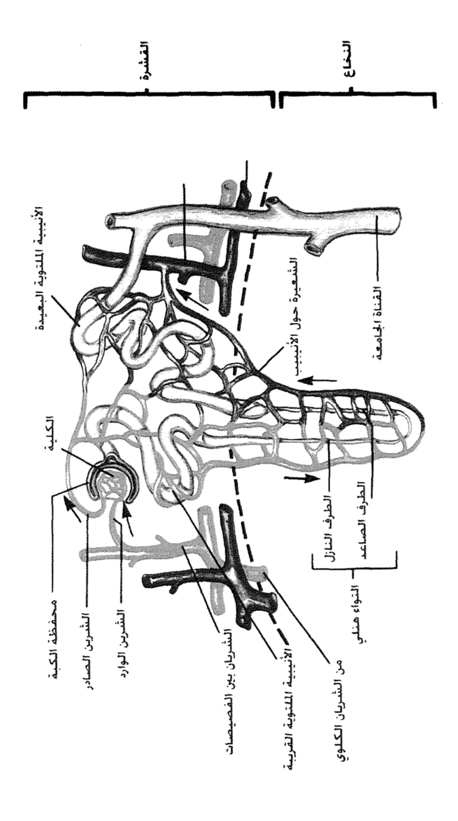
تمتد هذه القناة من المثانة البولية إلى خارج الجسم . وهي في الأنثى قصيرة يبلغ طولها نحو ٤ سم وتنتهي بفتحة بولية مستقلة ، حيث تنقل البول فقط . أما في الذكر فهي أطول ، إذ يبلغ طولها نحو ٢٠ سم ، وتمر خلال القضيب (penis) ، وتنتقل فيها الحيوانات المنوية إضافة إلى البول . وطول مجرى البول في الذكر يعيق غزو الجراثيم للمثانة البولية ؛ ولهذا فإن مثل هذه الإصابات أقل حدوثا في الذكور منها في الإناث .

٤٠ النفرون The Nephron

تحتوي كل كلية أكثر من مليون وحدة وظيفية تسمى نفرونات ، وهي تنظم مكونات الدم وتخرج الفضلات . ويتكون كل نفرون من قسمين رئيسين هما شكل (٨-٤) : الكرية الكلوية (renal corpuscle) والأنيبية الكلوية (renal tubule) ، وتتكون الكرية الكلوية من محفظة بومان (Bowman's capsule) وهي على شكل كأس فارغ ، مزدوج الجدران ، تحيط بحزمة من الشعيرات الدموية تسمى الكبة (glomerulus) . وتسمى الكبة مع محفظة بومان ، كرية مالبيجي (malpighian corpuscle) . وتتفرع الكبة من شريان دموي صغير من أفرع الشريان الكلوي الذي يحمل الدم إلى الكلية ويعرف بالشريان الوارد (afferent artery) . ويتفرع الشريان الوارد مكونا شعيرات الجمع التي تتجمع مكونة شرياناً صغيراً آخر يحمل الدم مبتعدا عن محفظة بومان ويعرف بالشريان الصادر (efferent artery) ، لاحظ أن شبكة الشعيرات تفتح بين شريانين وليس بين شريان ووريد كالمعتاد في مواقع أخرى من الجسم . ويتفرع الشريان الصغير الصادر إلى شعيرات دموية تحيط بالأنيبيبة الكلوية ، ثم تتجمع هذه الشعيرات لتكون روافد وريدية ينتهي بها الأمر إلى الوريد الكلوي الذي يصب في الوريد الأجوف السفلي ثم إلى البطين الأيمن . ويتكون الجدار الداخلي لمحفظة بومان من خلايا طلائية خاصة تسمى خلايا متعددة الأقدام (podocytes) ، لأن لها أقداماً طويلة ، وتغطي سطوح معظم شعيرات الكبة ، وتسمى الفراغات بين أصابع هذه الزوائد القدمية ثقوباً طولية (slit pores) .

وتتكون الأنيبيبة الكلوية من ثلاث مناطق رئيسة : الأنيبيبة الملتوية القريبة (proximal convoluted tubule) ، والتواء هنلي (loop of Henle) ، والأنيبيبة الملتوية البعيدة (distal convoluted tubule) ، وتصب كل أنيبيبة ملتوية بعيدة محتوياتها في قناة جامعة (collecting duct) . وتنتهي القنوات الجامعة في تجمعات على شكل حلمات تشكل في مجموعها ما يعرف باسم هرم مالبيجي (Malpighian pyramid) ، وتتجه قمم هذه الحلمات عند منطقة الحوض . وتحتوي كلية الإنسان هرما مالبيجيا واحداً .

وتوجد أجسام مالبيجي والأنابيب الملتوية القريبة والبعيدة في قشرة الكلية ، وتوجد التواءات هنلي والقنوات الجامعة في النخاع .



شكل (٨-٤) النفرون

٤-١- تكون البول Urin Formation

ينتج البول باشتراك ثلاث عمليات رئيسة : الترشيح (filtration) وإعادة الامتصاص (reabsorbtion) ، والإفراز الأنبوبي (tubular secretion) شكل (٨-٥) .

٤-١- الترشيح Filtration

يحدث الترشيح عند اتصال شعيرات الكبة وجدار محفظة بومان . وتحمل الشرايين الكلوية الدم إلى الكليتين . وتتفرع الشرايين الكلوية إلى شرينات واردة . ويحمل الشرين الوارد في الكلية الدم إلى شعيرات الكبة . ويجري الدم من الكبة بوساطة شرينات ضيقة صادرة . وتسبب انقباضات الشرين الصادر ضغط هيدروستاتيكي عالٍ في الكبة (ضغط الدم في شعيرات الكبة عالٍ مما يسبب انتقال الماء والمواد المنحلة ذات الوزن الجزيئي المنخفض من الدم إلى محفظة بومان) ، وهذا الضغط الهيدروستاتيكي يجبر السائل على ترك شعيرات الكبة ، مارا خلال الثقوب الطولية إلى خط أنبوب البول ، وحال دخول السائل محفظة بومان يعتبر راشح الكبة .

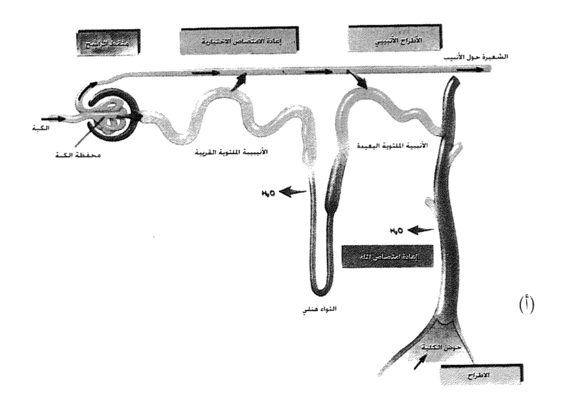
وتعتمد كمية السائل التي تدخل محفظة بومان على ضغط الراشح المؤثر ، (effective filtration pressure) ، واتحاد القوى الآلية والأسموزية تحدد الراشح . والقوة الرئيسة التي تسهل عملية الترشيح هي الضغط الهيدروستاتيكي للدم في الكبة . وتنتج معظم المقاومة لهذه الدفعة من :

١. مقاومة جدار الشعيرة الدموية وجدار محفظة بومان لمرور المادة .

٢. الضغط الهيدروستاتيكي للسائل في تجويف محفظة بومان .

٣. الفرق في الضغط الأسموزي بين الدم والراشح .

ويحدد الراشح تكون البول إلى حد بسيط ، والترشيح ليست عملية اختيارية ، ما عدا كمية قليلة من الألبيومين ، فتبقى بروتينات البلازما الكبيرة في الدم مع خلايا الدم والصفائح . وعلى كل حال ، فإن المواد الأصغر تذوب في البلازما ، مثل الجلوكوز ، والأحماض الأمينية ، والصوديوم ، والبوتاسيوم ، والكلور ، والبيوكربونات ، وأملاح أخرى . وترشح البولينا خارج الدم وتصبح جزءا من الراشح .



(أ)

الحدث	العملية	أمثلة على الجزيئات
ضغط الراشح	يدفع ضغط الدم الجزيئات الصغيرة من الكبة إلى محفظة الكبة .	ماء ، جلوكوز ، أحماض أمينية ، أملاح بولينا ، حامض بولي ، كرياتنين .
إعادة الامتصاص الاختيارية	يعيد الانتشار والنقل النشط الجزيئات إلى الدم في الأنيبيب الملتوي القريب .	ماء ، جلوكوز ، أحماض أمينية ، أملاح .
الإطراح الأنيبيبي	يحرك النقل النشط الجزيئات من الدم إلى الأنيبيب الملتوي البعيد .	حامض بولي ، كرياتنين ، أيونات هيدروجين ، أمونيا ، بنسلين .
إعادة امتصاص الماء	على طول النفرون ويلاحظ عند التواء هنلي والقناة الجامعة ، يعود الماء بوساطة الضغط الأسموزي يتبع النقل النشط للملح .	ماء ، ملح
الإطراح	تكون البول يخلص الجسم من فضلات الأيض .	ماء ، أملاح ، بولينا ، حامض بولي ، أمونيا ، كرياتنين

(ب)

شكل (٨-٥) خطوات تكون البول (أ) تم تحديد الخطوات على النفرون مكان حدوثها (ب) الجزيئات المستخدمة في الخطوات والعمليات

ويقدر الحجم الكلي للدم المار خلال الكليتين نحو ١٢٠٠ مل كل دقيقة ، أو نحو $\frac{١}{٤}$ الدم الذي يدخل القلب . وتفقد البلازما المارة خلال الكبة نحو ٢٠٪ من حجمها في راشح الكبة ، ويترك الجزء الباقي الكبة خلال الشرين الصادر . ومعدل كمية راشح الكبة العادي نحو ١٨٠لترا (نحو ٤٥ جالونا) كل ٢٤ ساعة . وهذا ـــ٢ مرة ضعف السائل الكلي للجسم . وبالعقل فإنه لا يمكن طرح هذه الكمية من البول ، وبهذا فإن إزالة الماء تصبح مشكلة تهدد الحياة .

ويتلاءم تركيب محفظة مالبيجي مع وظيفة الترشيح التي تؤديها ؛ للأسباب الآتية :

١. عدد الشعيرات الدموية المتفرعة الداخلة والملامسة لجدار محفظة مالبيجي الداخلي الرقيق كبير جدا وبالتالي فإن مساحة سطح التبادل بينهما كبيرة ، وقد قدرت هذه المساحة في الكلية الواحدة بما مقداره ١,٥ متر مربع آخذين بعين الاعتبار أن عدد محافظ مالبيجي تصل المليون في الكلية الواحدة .

٢. قطر الوعاء الدموي الخارج من محفظة مالبيجي أقل من قطر الوعاء الدموي الداخل إليه ، مما يسبب ضغطا دمويا مرتفعا في الشعيرات الدموية يعادل ٦٠-٧٠ جم زئبق ، علما أن الضغط الدموي في الشعيرات الدموية في جسم الإنسان تقدر بنحو ٣٥ م زئبق . وارتفاع ضغط الدم هذا يشكل قوة دافعة للمواد لكي ترشح من الدم إلى داخل محفظة بومان ؛ لهذا تتم عملية الترشيح تحت ضغط ويطلق عليها الترشيح المسرف (ultra filtration) .

٣. رقة الجدار الداخلي الملامس للشعيرات الدموية وقابليته في إنفاذ مادة الراشح ، وقد أمكن الحصول على عينات من السائل الموجود من محفظة بومان باستعمال أنابيب زجاجية ، وقد حللت هذ العينات كيميائيا ، وقورنت نتائج التحليل بنتائج تحليل بلازما الدم ، فوجد أن سائل المحفظة له في الأساس تركيب البلازما نفسه عدا فقدان البروتينات منه . كما أن تركيز مواده تعادل تقريبا تركيزها في بلازما الدم ، فهو يحتوي الماء وسكر الجلوكوز والأملاح والفضلات النيتروجينية .

٤-١-٢- إعادة الامتصاص Reabsorption

يتم التغلب على تهديد الاتزان البدني بسبب الكميات الكبيرة من السائل الراشح من الكليتين بعملية إعادة الامتصاص ، حيث يُعاد امتصاص نحو ٩٩٪ من الراشح إلى الدم خلال الأنيبيبات الكلوية ، تاركا نحو ١,٥ لتر يطرح كبول . وتسمح عملية إعادة الامتصاص بتنظيم دقيق لكيمياء الدم بوساطة الكليتين . وتعاد المواد التي يحتاجها الجسم مثل الجلوكوز والأحماض الأمينية إلى الدم ، وتبقى الفضلات والأملاح الزائدة ومواد أخرى في الراشح وتطرح في البول . وتعيد الأنيبيبات الكلوية امتصاص أكثر من ١٧٨ لترا من الماء ، ونحو١٢٠٠ جم من الأملاح و نحو ٢٥٠ جم جلوكوز .

وبعد أن يترك الراشح الكبة فإن الشريّن الصادر يحمل الدم في شبكة ثانية من الشعيرات الدموية في النفرون . وتحيط هذه الشبكة بالأنيبيبة الكلوية التي تستقبل المواد التي تعود إلى الدم . عندها يسري الدم من هذه الشعيرات إلى أوردة صغيرة ، وتندمج معا لتكون وريدا أكبر هو الوريد الكبدي .

لقد تكيفت الخلايا الطلائية البسيطة التي تبطن الأنيبيب الكلوي لإعادة امتصاص المواد . حيث توجد عليها زغابات (microvilli) تزيد مساحة سطح الامتصاص . وتحتوي هذه الخلايا أعداداً كبيرة من الأجسام الفتيلية (المايتوكوندريا) لتزويد الخلايا بالطاقة اللازمة لنقل المواد .

يعاد امتصاص نحو ٦٥٪ من الراشح عند مروره خلال الأنيبيبة الملتوية القريبة ، حيث يعاد فيها امتصاص الجلوكوز ، والأحماض الأمينية ، والفيتامينات ، ومواد أخرى ذات قيمة غذائية ، وأيونات مثل أيونات الصوديوم ، والكلور ، والبيكربونات ، والبوتاسيوم ، وينتقل بعض هذه الأيونات بالنقل النشط (active transport) ، وبعضها ينتقل بالانتشار (diffusion) . وتستمر عملية إعادة الامتصاص ما دام الراشح يمر خلال التواء هنلي والأنيبيب الملتوي البعيد . ويصبح الراشح أكثر تركيزا عند مروره خلال القناة الجامعة المؤدية إلى حوض الكلية . وعادة يعاد امتصاص المواد المفيدة للجسم مثل الجلوكوز ، والأحماض الأمينية من أنيبيب الكلية . فإذا كان

تركيز مادة معينة في الدم عاليا ، فمن الممكن أن لا يستطيع الأنيبيب إعادة امتصاص تلك المادة كلها . وأعلى معدل يمكن إعادة امتصاصه من مادة ما يسمى أعلى نقل أنبوبي لها (maximum tubular transport) ، اختصارا Tm . مثلا ، أعلى معدل يمكن إعادة امتصاصه من الجلوكوز ٣٢٠ مجم/ ثانية للشخص البالغ . إن حمل الأنيبيب من الجلوكوز فقط نحو ١٢٥ مجم/ ثانية ، لذلك يعاد امتصاص معظم هذا الجلوكوز . فإن وجدت كمية تزيد على أعلى نقل أنبوبي (Tm) ، فهذه الزيادة لا يعاد امتصاصها ، لكنها تمر إلى الدم .

وكل مادة لها أعلى نقل انبوبي (Tm) ، ولها أيضا تركيز عتبة كلوية (renal threshold concentration) في البلازما . وعندما تتعدى المادة تركيز العتبة الكلوية ، فإن الكمية التي لا يعاد امتصاصها تطرح في البول . في الشخص مريض البول السكري فإن تركيز الجلوكوز في الدم يتعدى مستوى العتبة (نحو ١٥٠ مجم جلوكوز / ١٠٠ مل دم) ؛ لذلك يطرح الجلوكوز في البول ، ووجوده في البول يؤكد وجود المرض .

٤-١-٣- الإطراح Secretion

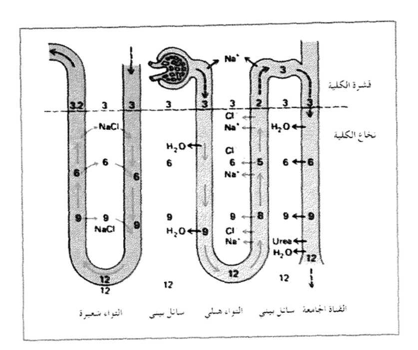
تطرح بعض المواد وبخاصة البوتاسيوم ، والهيدروجين ، وأيونات الأمونيا ، من الدم إلى الراشح . وتطرح أيضا بعض الأدوية مثل البنسلين من الدم إلى الراشح ، ويتم الإطراح بصورة رئيسة في الأنيبيبة الملتوية البعيدة .

إن إخراج أيونات الهيدروجين آلية مهمة في الاتزان البدني لتنظيم الرقم الهيدروجين (pH) للدم . وعندما يصبح الدم حامضيا بدرجة عالية ، فإن أيونات الهيدروجين تطرح في الراشح . وطرح البوتاسيوم أيضا مهم جدا ، فوجود أيونات بوتاسيوم زائدة في الدم تثير قشرة الغدة فوق الكلية (الأدرينالية) لإفراز هرمون الألدوستيرون . ويعمل هذا الهرمون على تسريع ضخ البوتاسيوم . ويعتقد أنها تعمل كمضخات بوتاسيوم . وعلى كل حال ، فإن البوتاسيوم يضخ في الأنيبيب ، بينما يعاد امتصاص الصوديوم . وهذه الآلية تساعد على منع تجمع البوتاسيوم الزائد في الدم ، الذي يمكن أن يسبب عدم اتساق نبضات القلب (cardiac arrthmia) ، وقد يؤدي إلى توقف القلب (cardiac arrest) .

٠٥ التبادل في الاتجاه المعاكس Countercurrent Exchange

يوجد نوعان من النفرونات : نفرونات القشرة ، ونفرونات داخلية مجاورة للنخاع . ينتقل الصوديوم في نفرونات القشرة من الراشح إلى السائل البيني ؛ مما يجعل ذلك السائل أكثر تركيزاً من الراشح . ولهذا يخرج الماء من الأنيبيب إلى السائل البيني بوساطة الأسمزة . الماء والأملاح ومواد أخرى موجودة في السائل البيني ، تدخل شبكة الشعيرات الدموية المحيطة بالأنيبيب الكلوي ، وتترك هذه المواد الكلية خلال الدم . وتركيز البول الذي تنتجه نفرونات القشرة أقل من تركيز الدم ؛ لذلك تعيد امتصاص كلا من الماء والملح . وتركز نفرونات القشرة الفضلات في السائل المتبقي ؛ ولهذا يعاد امتصاص الفضلات فقط بمعدل منخفض .

النفرونات المجاورة للنخاع لها التواء هنلي طويل يمتد عميقا في النخاع . وتخصص التواء هنلي لهذا النوع من النفرونات في إنتاج سائل بيني زائد التركيز (hypertonic) قرب قممها . ويتكون التواء هنلي في النفرونات المجاورة للنخاع من طرف نازل (descending limb) ، يجري فيه الراشح ، ومن طرف صاعد (ascending limb) ، يمر خلاله الراشح في طريقه إلى الأنيبيبة الملتوية البعيدة . والالتواء الصاعد غير منفذ للماء ، لكنه عالي النفاذية للصوديوم . وعندما يصبح تركيز الصوديوم خارج الأنيبيب الكلوي أكثر من داخله ، يتحرك الماء خارج الراشح في القناة الجامعة بوساطة الضغط الأسموزي . ويترك معظم الصوديوم الطرف الصاعد إلى الطرف النازل شكل (٨-٦) .



شكل (٨-٦) التبادل في الاتجاه المعاكس : الاتجاه العام للصوديوم وحركة السائل . مشار لاتجاه حركة السائل بأسهم سوداء مقطعة . مشار لاتجاه حركة الصوديوم بأسهم ملونة ، وحركة الماء بأسهم سوداء دون تقطيع ، ويعود الترقيم إلى التراكيز التقريبية للنشاط الأسموزي للمحاليل . وعند إضافة صفرين ، فإنه يعود إلى تركيز المحاليل في الجزء من الألف من المول ليتر .

وهذا يسبب زيادة في تركيز الصوديوم قرب القمة . وحال نقل أيونات الصوديوم إلى الطرف الصاعد ، ومع مرور الوقت ، يجري الراشح خلال الأنيبيبة الملتوية البعيدة ، وهو متساوي الأسموزية (isotonic) أو حتى ناقص الأسموزية (hypotonic) مع الدم . وتسمى هذه الآلية التبادل في الاتجاه المعاكس .

وينتج عن التبادل في الاتجاه المعاكس سائل بيني زائد التركيز قرب حوض الكلية ، ولهذا يسحب الماء أسموزيا من الراشح في القنوات الجامعة .

وفقدان الماء من محتويات القناة الجامعة يركز البول إلى حد يصبح زائد التركيز بالنسبة للدم . والبول زائد التركيز يكون تركيز الماء فيه منخفضاً ، ولهذا يحافظ على الماء . ويصبح البول زائد التركيز في أوقات العطش (العطش هو إشارة إلى أن السائل منخفض في الدم) ، ومن ثم تزداد نفاذية جدران القناة الجامعة زيادة كبيرة .

يُزال الماء الذي ينتشر من الراشح إلى السائل البيني بأوعية دموية تسمى أوعية مستقيمة (vasa recta) ، وينتقل في وريد التصريف للكلية (venous drainage of kidney) . والأوعية المستقيمة هي امتدادات ملتوية طويلة من الشرينات الصادرة للنفرونات المجاورة للنخاع . وهي تمتد عميقا في النخاع ، فقط لتعيد الشكل المنعطف الحاد للوريد القشري للكلية . ويجري الدم في اتجاهات معاكسة في المناطق الصاعدة والنازلة من الأوعية المستقية ، كما يجري الراشح في الاتجاه المعاكس في الأجزاء الصاعدة والنازلة من التواء هنلي . وهذا يمثل جريان آخر في الاتجاه المعاكس ، ومعظم الملح والبول الذي يدخل الدم يتركه ثانية ، إلا أن تركيز الملح في الدم الذي يترك الأوعية المستقيمة فقط أعلى قليلا من الدم الداخل . وهذه الآلية تحافظ على تركيز ملحي عالٍ للسائل البيني .

٠٦ تركيب البول Composition of Urin

يصل الراشح مع الوقت حوض الكلية ، ويكون تركيبه قد ضبط بدقة . وتعاد المواد المفيدة إلى الدم باعادة الامتصاص بوساطة أنيبيبات الكلية . وتصبح الفضلات والمواد التي لا يحتاجها الجسم جزءاً من الراشح ، إما بالترشيح أو الإخراج . ويسمى الراشح المنضبط (adjusted) بولا . ويتركب البول من نحو ٩٥٪ ماء و ٢,٥٪ فضلات نيتروجينية (وبصورة رئيسة بولينا) و ١,٥٪ أملاحاً وآثاراً لمقادير ضئيلة من مواد أخرى ، و ٥٪ مواد صلبة جدول (٨-١) .

إن تحليل البول كيميائيا ، والاختبار الفيزيائي والجهري للبول ، كلها أدوات مهمة للتشخيص ، وتستخدم لاستكشاف عدد من العلل مثل البول السكري (diabetes meltitus) .

جدول (٨-١) تركيب البول	
ماء	٩٥٪
مواد صلبة	٥٪
فضلات عضوية	لكل ١٥٠٠ ملل بول
بولينا	٣٠ جم
كرياتنين	١-٢جم
أمونيا	١-٢ جم
حامض بولي	١ جم
أيونات(أملاح)	٢٥ جم
أيونات موجبة	**أيونات سالبة**
صوديوم	كلوريدات
بوتاسيوم	كبريتات
ماغنيسيوم	فوسفات
كالسيوم	

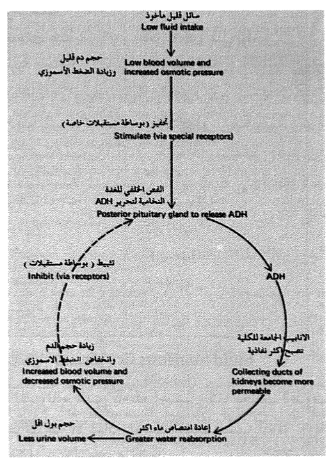
٠٧ الاتزان البدني للسائل Fluid homeostasis

يختلف مقدار الماء والملح الذي يأخذه الجسم ، كما تختلف الظروف (مثل الحرارة والرطوبة) التي يتعرض لها الإنسان وتسبب فقدان جسمه للماء ، وبالتالي لا بد أن يختلف إخراج الكليتين . وبهذا يختلف أخذ الماء وفقدانه من وقت لآخر ، وللمحافظة على الاتزان البدني ، فإن إخراج الكليتين يجب أن ينظم بصورة ملائمة . ويتم ذلك من خلال تنظيم حجم البول ، وتنظيم إعادة امتصاص الصوديوم .

٧-١- تنظيم حجم البول Regulation of urin volume

يتم معظم إعادة امتصاص الماء في الأنيبيبة الملتوية القريبة ، ولا يتغير معدل هذا الامتصاص . كما أن معدل راشح الكبة عادة ثابت نسبياً . والذي يختلف هو إعادة الامتصاص للقناة الجامعة . ويتم تنظيم نفاذية القنوات الجامعة للماء بوساطة هرمون مانع لإدرار البول (antidiuretic) (ADH) ، الذي يصنع في الغدة تحت السرير

البـصـري (hypothalamus) ، ويفـرزه الفص الخلفي للغـدة النخـامـيـة (pituitary gland) . ويزيد ADH نفاذية الأنابيب الجامعة ؛ وبهذا يعاد امتصاص كمية أكبر من الماء .



شكل (٨-٧) تنظيم حجم البول

وعندما ينخفض امتصاص الماء ، يصبح الجسم جافا (dehydrated) شكل (٨-٧) . ويصبح تركيز الأملاح الذائبة في الدم عالياً ، مما يؤدي إلى زيادة في الضغط الأسموزي للدم . إن المستقبلات المتخصصة في الدماغ وفي الأوعية الدموية الكبيرة حساسة لمثل هذا التغير ، ويستجيب الفص الخلفي للغدة النخامية لهذا التغير بتحرير كميات زائدة من ADH . ونتيجة لذلك تصبح جدران القنوات الجامعة أكثر نفاذية ، ويعاد امتصاص كمية أكبر من الماء . وتحفظ بهذه الطريقة كمية أكبر من الماء في الجسم ، مما يسبب زيادة حجم الدم ، وتعاد الظروف إلى الحالة الطبيعية .

وبهذا ، كلما زاد إفراز ADH ، كلما قل فقدان الماء من الجسم . وتلاحظ أن ADH يعزز حجم بول مركز وقليل .

ومن جهة أخرى فإن امتصاص كميات كبيرة من السائل تخفف الدم وتخفض الضغط الأسموزي . وإذا انخفضت كمية ADH ، تقل كمية الماء المعاد امتصاصه من القنوات الجامعة . وتنتج كمية كبيرة من البول المخفف .

ويزداد تحرير ADH في أثناء النوم ، ويقل بوساطة عوامل مدرة للبول (diuretic) ، مثل المشروبات الكحولية ، التي تزيد حجم البول . وفي حالة مرض البول السكري الكاذب (diabetes insipidus) ، لا يستطيع الجسم إنتاج كمية كافية من ADH ، أو تفقد الكليتان مستقبلات ADH .

وعندما يطرح شخص كميات كبيرة من البول عليه أن يشرب كمية كبيرة من الماء ليعوض فقدان هذا السائل . ويمكن معالجة مريض السكري الكاذب بحقنه بـ ADH أو باستخدامه رشاش أنفي لـ ADH .

٧-٢- تنظيم إعادة امتصاص الصوديوم Regulation of sodium reabsorbtion

يرتبط اتزان السائل بشدة باتزان الصوديوم ؛ وذلك لأن الصوديوم أكثر وفرة من أي أيونات أخرى خارج الخلية ، وهو يشكل نحو ٩٠٪ من مجمل الأيونات الموجبة خارج الخلايا في الجسم . فعندما يزداد تركيز الملح ، يسحب الماء إلى المنطقة أسموزيا . وزيادة الملح الذي يتناوله الإنسان مع الغذاء ، يزيد الضغط الأسموزي للدم ، وبخاصة مستقبلات مركز العطش في الغدة تحت السرير البصري ، فهي تزيد الضغط الأسموزي وتسبب الإحساس بالعطش . وعندما يثار مركز العطش ، يشرب الإنسان الماء . ويعيد هذا الماء الاتزان الأسموزي للدم . وإضافة الماء تزيد حجم الدم شكل (٨-٨) ، ويتم الابقاء على حجم الدم مناسباً ، بتخفيض إنتاج ADH ، الذي تنتج من زيادة إخراج الماء .

تناول ملح غذائي

↓

زيادة الضغط الأسموزي للدم

↓

تحس بها الغدة تحت السرير البصري

↓

ينشط مركز العطش

↓

شرب الماء

↓

امتصاص الماء

↓

يعاد الاتزان الداخلي للضغط الأسموزي للدم بتخفيفه ← إضافة الماء يزيد حجم الدم

↓

ينتج عن زيادة حجم الدم زيادة في ضغطه

↓

يقل إنتاج ADH

↓

يزيد إخراج الماء

↓

إخراج البول يقلل حجم الدم

↓

يعاد الاتزان الداخلي لحجم الدم جزئيا

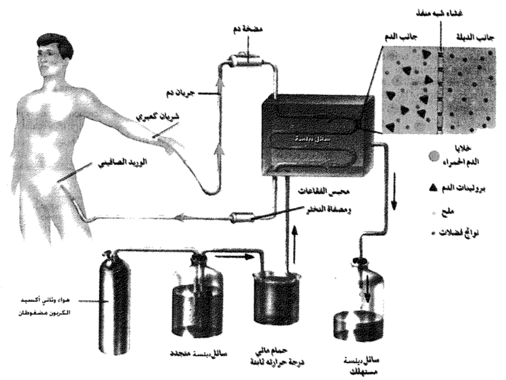
شكل (٨-٨) تنظيم إعادة امتصاص الصوديوم

٠٨ الكلية الصناعية Artificial Kidney

عندما تتوقف الكلية عن عملها لسبب من الأسباب ، تزداد نسبة الفضلات والسموم في الدم وتنشأ حالة التسمم البولي (uremea) التي تسبب الوفاة ، فمن الممكن ز راعة الكلية من إنسان آخر . أو تركيب كلية صناعية . وهذ الكلية الصناعية تعمل على تخليص الدم من السموم وبخاصة البولينا وحامض اليوريك .

وتعمل الكلية الصناعية شكل (٨-٩) على مبدأ الديلسة (dialysis) ، وهو أنه إذا وجد غشاء مسامي يفصل بين محلولين يختلفان في نسب التركيز للمواد الذائبة فيهما ، فإن الجزيئات تنتقل من المحلول ذي التركيز الأعلى إلى المحلول ذي التركيز الأقل بسرعة أكبر من انتقالها في الاتجاه المعاكس عبر مسامات الغشاء . والجزيئات المنتقلة في هذه الحالة هي الجزيئات صغيرة الحجم بحيث يمكنها المرور عبر المسامات الضيقة . أما الجزيئات كبيرة الحجم فلا يمكنها اجتياز مسامات الغشاء فتظل حيث هي ، ويوصف مثل هذا الغشاء المسامي بغشاء الديلسة(dialying membrane) . تتكون الكلية الصناعية من أنبوب ملتف من السيلوفان (cellophane) في محلول خاص . وهذا هو غشاء الديلسة ، مغمور في محلول يحوى مادة بيكربونات وكلوريدات الصوديوم والبوتاسيوم بنفس نسبة وجودهما في دم الشخص العادي ، ويعتبر مرشح الكلية الصناعية ، ويتصل أنبوب السيلوفان في نهايته بأنابيب توصيل بحيث يتصل أحد الطرفين بالشريان الدموي ويتصل الطرف الآخر بالوريد الدموي في يد المريض .

ويمتاز أنبوب السيلوفان بأن جداره مكون من غشاء مزدوج من مادة السيلوفان ، وهذا الغشاء يسمح بمرور جزيئات المادة صغيرة الحجم عبر مسافاته الضيقة ولا يسمح بمرور جزيئات المادة كبيرة الحجم مثل الأحماض الأمينية ، ولهذه الصفة أهمية كبرى في تنقية الدم ، فالمحلولان اللذان يفصل بينهما غشاء السيلوفان هما : دم المريض والمحلول الآخر هو محلول بيكربونات وكلوريدات الصوديوم والبوتاسيوم . مع العلم أن نسبة تركيز الماء في كليهما واحدة تقريبا .



شكل (٨-٩) كلية صناعية

٨-١- استخدام الكلية الصناعية

يسحب دم المريض من الشريان بوساطة أنبوب توصيل ثم يفتح بوساطة مضخة إلى أنبوب السيلوفان الذي يحيط به محلول بيكربونات وكلوريدات الصوديوم والبوتاسيوم ، وهنا يتم انتقال جزيئات مادة اليوريا وحامض اليوريك والكرياتين من الدم إلى المحلول عبر مسامات غشاء السيلوفان ، في حين تبقى جزيئات البروتينات (الأحماض الأمينية) في بلازما الدم كما يبقى فيها الماء ، ويعود الدم الذي تخلص من قسم كبير من المواد السمية المذكورة عبر أنبوب توصيل إلى الوريد الدموي في يد الشخص المريض .

فالقيمة الكبرى لعمل الكلية الصناعية هو سرعة أدائها لعملية تخليص الدم من السموم (كاليوريا وحامض اليوريك) ، وبهذا تعين الكلية الصناعية الشخص المريض وتخفف عنه العبء إلى أن يشفى .

٠٩ الخلاصة

٠١ يقوم جهاز الإخراج بثلاث وظائف هي : إخراج فضلات الأيض ، والتنظيم الأسموزي ، وتنظيم تركيزات مكونات سوائل الجسم .

٠٢ فضلات الأيض الرئيسة هي : الماء وثاني أكسيد الكربون وفضلات نيتروجينية مثل الأمونيا ، والبولينا ، والحامض البولي .

٠٣ تعمل كليتا الإنسان في الإخراج ، والتنظيم الأسموزي ، والمحافظة على الاتزان الداخلي .

٠٤ الجهاز البولي هو جهاز الإخراج الرئيس في الإنسان .

٠٥ يتكون الجهاز البولي من الكليتين والحالبين والمثانة البولية وقناة مجرى البول .

٠٦ الوحدات الوظيفية في الكليتين هي النفرونات ، ويتكون كل نفرون من محفظة الكلية ، وأنيبيب الكلية .

٠٧ تتكون محفظة الكلية من الكبة تحيط بها محفظة بومان .

٠٨ يتكون الأنيبيب الكلوي من : أنيبيب متلوٍ قريب ، والتواء هنلي ، وأنيبيب ملتوٍ بعيد .

٠٩ يتكون البول بوساطة ثلاث عمليات : ترشيح البلازما وإعادة الامتصاص للمواد التي يحتاجها الجسم ، وإطراح مواد قليلة في الأنيبيب الكلوي .

٠١٠ ترشح البلازما خارج شعيرات الكبة إلى محفظة بومان ، وتعاد الجزيئات الكبيرة مثل البروتينات إلى الدم . والترشيح ليست عملية اختيارية .

٠١١ يعاد امتصاص نحو ٩٩٪ من الراشح من أنيبيبات الكلية إلى الدم . وهذه العملية اختيارية ، حيث تعيد المواد التي يحتاجها الجسم إلى الدم وتضبط تركيب الراشح .

١٢. تفرز أيونات البوتاسيوم ، وأيونات الهيدوجين ، والأمونيا ، وأدوية معينة من الدم إلى أنيبيب الكلية .

١٣. يسبب التبادل في الاتجاه المعاكس سائل بيني زائد التركيز يحيط بالنفرون . وهذا يسحب الماء أسموزيا من الراشح في القنوات الجامعة ويسمح بتركيز البول في القنوات الجامعة ، لذلك يمكن أن ينتج بول زائد التركيز بالنسبة للدم .

١٤. يسمى الراشح المضبوط بولا ، ويتكون من ماء ، وفضلات نيتروجينية ، وأملاح ، ومواد متنوعة أخرى .

١٥. ينظم حجم البول بوساطة هرمون مانع لإدراد البول ADH ، الذي يحرره الفص الخلفي من الغدة النخامية بكميات مناسبة . ويزيد ADH نفاذية القنوات الجامعة ، لذلك تمتص كمية أكبر من الماء .

١٠. أسئلة للتقويم الذاتي

١. يخرج من السرة ويعتبر جزءا من الحالب :

أ) حوض الكلية　　ب) الوريد الكلوي

ج) الشريان الكلوي　　د) مجرى البول

هـ) الكبة

٢. الوحدة الوظيفية في الكلية :

أ) الأنيبيب الكلوي　　ب) القناة الجامعة

ج) النفرون　　د) التواء هنلي

هـ) محفظة بومان

٣. أي عملية في النفرون أقل اختياريا :

أ) الإخراج　　ب) إعادة الامتصاص

ج) النقل خلال الخلايا الطلائية في القناة الجامعة

د) الترشيح　　هـ) الضخ الملحي بوساطة التواء هنلي

٤. تثير قشرة الغدة فوق الكلوية لإفراز هرمون الالدوستيرون وجود أيونات زائدة من :

أ) الصوديوم　　ب) البوتاسيوم

ج) البيكربونات　　د) الهيدروجين

هـ) الأمونيا

٥. يعاد امتصاص معظم الماء والأملاح الراشحة في محفظة بومان بوساطة :

أ) الأنيبيب الملتوي القريب .

ب) الانتشار من الطرف النازل من التواء هنلي إلى السائل البيني زائد الضغط الأسموزي للنخاع .

ج) النقل النشط عبر الطرف الصاعد من التواء هنلي .

د) الإفراز الاختياري والانتشار عبر الأنيبيب الملتوي البعيد .

هـ) الانتشار من القناة الجامعة إلى النخاع حيث الضغط الأسموزي العالي .

٠٦ يؤثر مضاد المبولة ADH في الكلية بوساطة :

أ) استثارة تحرير الرينين .

ب) انقباض الشرينات وبهذا يرتفع ضغط الدم .

ج) زيادة إعادة امتصاص +Na في الأنيبيبات الملتوية البعيدة .

د) زيادة نفاذية الأنيبيب الملتوي البعيد والقناة الجامعة للماء ، وبهذا تزداد الأسموزية للبول .

٠٧ ينتج سائل بيني زائد التركيز قرب قمم النفرونات :

أ) التواء هنلي للنفرونات المجاورة للنخاع .

ب) التواء هنلي لنفرونات القشرة .

ج) الأنيبيب الملتوي البعيد للنفرون .

د) الأنيبيب الملتوي القريب للنفرون .

هـ) القنوات الجامعة .

٨) أكثر الأيونات الموجبة خارج الخلايا هي أيونات :

أ) الأمونيا ب) الهيدرجين

ج) البيكربونات د) البوتاسيوم

هـ) الصوديوم

اختر أنسب إجابة من العمود (ب) لكل وصف في العمود(أ) .

العمود أ	العمود ب
٠٩ الجزء الخارجي من كلية الإنسان	أ) حوض الكلية
٠١٠ ينقل البول إلى المثانة البولية	ب) محفظة بومان
٠١١ تستقبل البول من القنوات الجامعة	ج) القشرة
٠١٢ مركز الترشيح	د) الأنيبيب الملتوي البعيد
٠١٣ مركز معظم الإخراج	هـ) الحالب
	و) الأنيبيب الملتوي القريب

١١٠ أسئلة للمراجعة

١٠ في الجهاز البولي للإنسان ، اذكر التراكيب التي تتعاون من أجل الآتي :

أ) الترشيح ب) الامتصاص

ج) تكوين البول د) تخزين مؤقت للبول

هـ) حمل البول خارج الجسم

٢٠ ما المواد الموجودة في بول الإنسان العادي؟

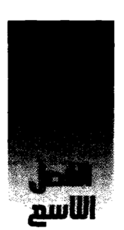
٣٠ قارن بين : الترشيح ، وإعادة الامتصاص ، والإطراح .

٤٠ تتبع جزيء بولينا منذ تكونه في الكبد حتى إخراجه مع البول .

٥٠ لماذا لا يوجد الجلوكوز عادة في البول ؛ ولماذا يوجد في بول مريض البول السكري؟

٦٠ اشرح كيف يتم تنظيم حجم البول ، وتنظيم إعادة امتصاص الصوديوم .

٧٠ الكليتان عضوان حيويان في الاتزان الداخلي ، فسر ذلك .



الجهاز العضلي

Muscular System

المحتويات

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادرا على أن :

١٠ تذكر أنواع العضلات والصفات التركيبية والوظيفية لكل منها .

٢٠ توضح كيف يستخدم فوسفات الكرياتين لتزويد العضلة بـ ATP .

٣٠ تشرح تركيب العضلة الهيكلية .

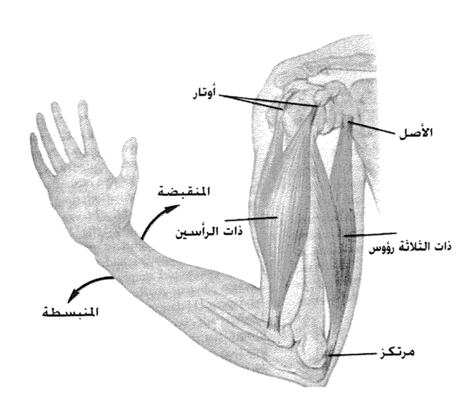
٤٠ تشرح نظرية الخيوط المنزلقة .

٥٠ تشرح كيفية ضبط انقباض العضلة .

يحتوي جسم الإنسان نحو ٦٠٠ عضلة ، وهذه تشكل نصف وزن الجسم تقريبا . وإحدى وظائف الجهاز العضلي ؛ الحركة . وللأنسجة العضلية وظائف حيوية ؛ منها : نبضات القلب ، وموجات التقلصات التي تحرك الطعام على طول قناة الهضم ، والتنفس ، كما تعطي العضلات شكل الجسم .

وتتكون العضلات من خلايا منقبضة (contractile cells) ؛ أي خلايا تستطيع أن تقصر ، ويتم قصر خلايا العضلة جميعا في وقت واحد مما يسمح للخلايا أن تبذل قوة . وقوة انقباضات العضلة توجه مباشرة ضد أجزاء أخرى من الجسم .

وقصر العضلة هو الطريقة الوحيدة التي تستطيع بها العضلة بذل قوة ، حيث لا تستطيع العضلة بذل قوة بالتمدد . وتستطيل العضلات بالاسترخاء .



شكل (٩-١) أزواج عضلات متضادة

١٠ أنواع العضلات

يوجد ثلاثة أنواع من النسيج العضلي : عضلة هيكلية (skeletal muscle) ، وعضلة ملساء (smooth muscle) ، وعضلة القلب (cardiac muscle) . وكل نوع من هذه العضلات له تركيب مميز وصفات وظيفية .

١-١- **العضلة الهيكلية** : ترتبط العضلة الهيكلية بعظام الهيكل العظمي ؛ لذلك تسمى بهذا الاسم ، وتخضع هذه العضلة لإرادة الإنسان ؛ ولهذا تسمى عضلات إرادية (voluntary muscle) ، ونسيج العضلة الهيكلية نسيج منقبض ، ويستخدم في حركات الأطراف وحركات الجسم الأخرى . وتتكون العضلة الهيكلية من خلايا أسطوانية ، متعددة النوى تسمى خيوطاً عضلية (muscle fibers) ، تتجمع معا في حزم بوساطة نسيج ضام . وتحاط هذه الحزم بغلاف من نسيج ضام خارجي صلب مغلف بسطح ناعم ليقلل الاحتكاك بين العضلة والتراكيب المجاورة في أثناء انقباض العضلة وانبساطها . وتسمى العضلة الهيكلية أيضا العضلة المخططة ؛ وذلك بسبب تبادل الأشرطة المضيئة والأشرطة المظلمة التي تخترق خيوطها .

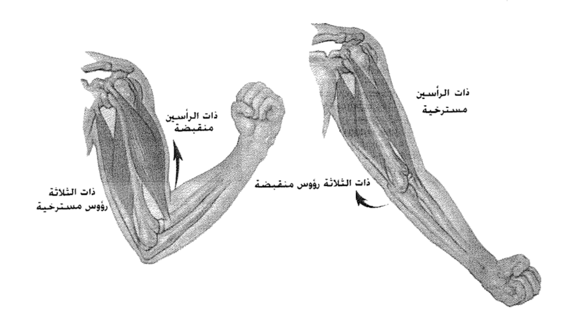
توجد النوى في خيط العضلة الهيكلية قرب حافة كل خلية ، داخل غشاء البلازما مباشرة ، ويسمى غشاء العضلة باللحمية (sarcolemma) .

ومعظم العضلات الهيكلية مستدقة الطرفين وترتبط بالعظام بأوتار (tendons) .

ويسمى طرف العضلة الهيكلية الذي يتصل مع العظم المتحرك مرتكز العضلة (muscle's insertion) . ويسمى الطرف الآخر للعضلة المتصل بالعظمة الثابتة نسبيا الأصل(origin) . ويمكنك رؤية العلاقات بين أصل العضلة ومرتكزها في شكل (٩-٢) ، حيث يظهر أصل العضلة ذات الرأسين (biceps) في منطقة الكتف ، ومرتكزها على عظم الكعبرة للطرف الأمامي .

وتنتج معظم الحركات حول المفاصل (joints) ، وهي الوصلات المتحركة بين أجزاء الهيكل العظمي . ولأن العضلات تبذل قوة بوساطة القصر فقط ، فإن كل مفصل مزود بمجموعة عضلات تعمل كأزواج متضادة (antagonistic pairs) ، وهذه

عضلة او مجموعة عضلات تتمدد ، بينما تنقبض العضلة أو العضلات الأخرى ، فعلى سبيل المثال ، في الأطراف ، فإن عضلة واحدة من زوج العضلات المتضادة تحرك الطرف باتجاه الجسم ، وتثني المفصل . وتسمى هذه العضلة القابضة (flexor) . وتسمى العضلة الأخرى من زوج العضلات المتضادة الباسطة (extensor) ، وهذه تجعل المفصل مستقيما ، شكل (٩-٢) ، يوضح ترتيب أزواج العضلات المتضادة في طرف إنسان ويقارن أعمالها .



(شكل ٩-٢) أصل ومرتكز عضلة هيكلية

١-٢- العضلة الملساء : تسمى العضلة الملساء لا إرادية لأنها ليست خاضعة لإرادة الانسان . إنما تخضع لسيطرة جهازين هما : الجهاز العصبي الودي (السمبثاوي) والجهاز العصبي نظير الودي (نظير السمبثاوي) . وتتكون العضلة الملساء من خلايا مستطيلة لا توجد بها خطوط مستعرضة ، وهي غير متصلة بالهيكل العظمي ، ولكنها تحيط بجميع الأعضاء الجوفة مثل جدار القناة الهضمية ، والقصبة الهوائية ، والمثانة البولية ، والرحم ، والأوعية الدموية . وشكل الخلية في العضلة الملساء مغزلي ، وطولها نحو ٤٠-٢٠٠ مايكروميتر ، ويوجد في كل خلية نواة واحدة محاطة بكمية قليلة من السيتوبلازم تسمى بروتوبلازم عضلي (sarcoplasm) . ويختلف نسيج العضلة الملساء عن نسيج العضلة الهيكلية بأنها تحتوي خلايا قابضة غير مخططة . ومن مميزات العضلة الملساء أنها تنقبض ببطء ، ولها القدرة على البقاء منقبضة فترة طويلة ، وتترتب أليافها (خلاياها) في طبقات ، ويكون اتجاه هذه الطبقات إما طوليا أو عرضيا أو مائلا .

١-٣- عضلة القلب : نسيج عضلة القلب هو نسيج منقبض خاص بالقلب . تشبه عضلة القلب العضلة الهيكلية بأن لها خطوطاً واضحة ، وخيوطاً أنبوبية الشكل ، وتختلف خيوط عضلة القلب عن خيوط العضلة الهيكلية في أنها تتفرع بصورة أوسع ، وتنظيمها الداخلي مختلف . وتتكون خيوط عضلة القلب من خلايا تترتب بجانب بعضها ، ويفصل بينها أقراص بينية (intercalated discs) . وأظهرت الدراسات المجهرية أن كل قرص من هذه الأقراص عبارة عن نقطة اتصال معقدة بين الأغشية البلازمية للخلايا المجاورة .

وعضلة القلب لا إرادية ، ويتم ضبطها بوساطة الجهاز العصبي الذاتي ، وتحتفظ بالقدرة على الانقباض ذاتيا وطبيعيا ، وتبدأ عملها في الأيام الأولى من تكون الجنين وتستمر مدى الحياة .

٢٠ الأساس الجزيئي لانقباض العضلة The Molecular Basis of Muscle Contraction

كيف تنقبض خلايا العضلة حتى تستطيع العضلات ممارسة قوة السحب؟ أثار هذا السؤال اهتمام علماء الأحياء ، وكان مصدر إلهام لكثير من البحوث التي جرت على العضلات وخلاياها .

في النصف الأول من القرن العشرين ، تم استخلاص بروتينين هما : الأكتين (actin) ، والميوسين (myosin) من عضلة ، وعرفا كمكونين رئيسين للخلايا المنقبضة . وقد تم افتراض أن لهذين البروتينين دوراً مهماً في عملية الانقباض . وقد أظهر العالمان أنجليرهاردت (A.U. Englehardt) والجوبيموفا (M.N. Ljubimove) ، اللذان عملا في موسكو عام ١٩٣٩ ، أن الميوسين يعمل كإنزيم ATPase ، أي يساعد على تقديم طاقة التفاعل لتحليل الماء (التميؤ) (hydrolysis) ، حيث ينقسم ATP إلى ADP وفوسفات . وهذا الاكتشاف ربط مباشرة التفاعل المهم الذي يقدم طاقة مع أحد البروتينات المهمة التي تميز خلايا العضلة ، التي فتحت الطريق للخطوات الرئيسة الأخرى في عملية الانقباض .

وفي الأربعينيات ، استخلص ألبرت زنت جيورجي (Albert Szont - Gyorgi) الأكتين واليوسين ونقاهما كخيوط ليفية ، أكتين وميوسين نقيين . وخلط أيضا الأكتين والميوسين في محلول لعمل معقد يسمى أكتوميوسين (actomyosin) الذي يترسب لتكوين ألياف الأكتين والميوسين . وجرب إلبرت زنت جيورجي ألياف البروتين أيضا ، فوجد أن ألياف الأكتوميوسين في محلول يحتوي أيونات معينة تقصر عند إضافة ATP إلى ذلك المحلول . ولا يمكن للأكتين النقي أو الميوسين النقي أن يقصر . وقد أظهرت هذه التجربة أن الأكتين والميوسين بروتينان متقلصان ، يمكن أن يقصرا طبيعيا ، لكنهما يعملان فقط كأكتوميوسين ، معقد من البروتين ، وأظهرت التجربة كذلك أن ATP يزود عملية التقلص بالطاقة .

٢-١- طاقة انقباض العضلة Energy for Muscle Contration

في التسعينيات ، أظهر التحليل الذي يحدث للعضلة من عمل وراحة أن مجموعة من التغييرات الكيميائية تحدث في أثناء انقباض العضلة ،وتستهلك العضلات المنقبضة أكسجيناً وتنتج ثاني أكسيد الكربون ، ويقل محتواها من الجليكوجين ، ويزداد حامض اللاكتيك . وينخفض تركيز ATP فيها ، ويزداد تركيز ADP والفوسفات ، ويقل تركيز مركبات أخرى من الفوسفات مثل ، كرياتين الفوسفات (creatine phosphate) جدول (٩-١) .

جدول (٩-١) التغيرات الكيميائية في انقباض العضلات	
يقل في أثناء عمل العضلة	يزداد في أثناء عمل العضلة
- الأكسجين	- ثاني أكسيد الكربون
- الجليكوجين	- حامض اللاكتيك
ATP -	ADP- وفوسفات غير عضوي
	- كرياتين

وأظهرت تجارب ألبرت زينت جيورجي أن طاقة العمل لانقباض العضلة تأتي من ATP ، مع أنه توجد كمية قليلة جدا من ATP المزوّد في أي ليف عضلي في أي وقت ، وبالكاد تكفي لبضعة انقباضات . وفي أثناء العمل تتزود العضلة بالطاقة من مخزون ATP . وإحدى الطرق التي تتزود بها العضلة ب ATP تظهر في استخدام فوسفات الكرياتين ، الذي يعطي فوسفاته إلى ADP لإنتاج ATP كما يأتي :

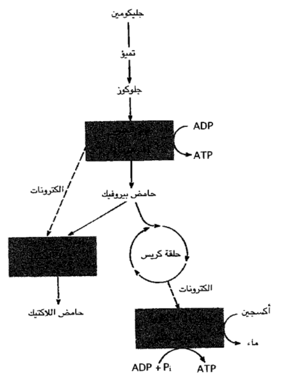
$$\text{ADP+ Creatin P} \xrightarrow{\text{creatine phosphokinase}} \text{ATP+ Creatin}$$

وتفسير هذا التفاعل هو أن فوسفات الكرياتين يعمل كمخزن للطاقة ، الذي يزيد قابلية العضلة للانقباض ؛ السماح بإحلال سريع لـ ATP .

وفوسفات الكرياتين الذي يستنفذ خلال انقباض العضلة يستبدل وقت الراحة . والكرياتين مكوك الطاقة (energy shuttle) ، يأخذ الفوسفات من ATP في أحد أجزاء الخلية العضلية ، الجسم الفتيلي (الميتوكوندريون) ، ويمنحها لـ ADP قرب البروتينات المنقبضة . وعلى كل حال ، فإنّ استخدام طاقة فوسفات الكرياتين فقط لزيادة قابلية العضلة للاستمرار بنشاطها . ويجب أن يجدد ATP بطرق أخرى لتستمر العضلة بالعمل . ويميأ (hydrolyzed) الجليكوجين المخزون في خلايا العضلة لتحرير الجلوكوز الذي يمكن أن يؤكسد للتزود بالطاقة اللازمة لإنتاج ATP . والأكسجين اللازم لتنفس الخلية هو أهم الوسائل فعالية لإنتاج ATP ، التي تستخدمه العضلة ، وتحدد فائدته للعضلة العاملة بكمية الأكسجين التي توزع عليها لكن حتى العضلات في الحالة الطبيعية تعاني من عجز تحرير الأكسجين عند التدريب الشاق والمستمر لعضلة .

ويوجد أكسجين زائد كمركب أكسجيني يسمى ميوجلوبين (myoglobin) ، ويوجد في خلايا العضلة ، ويربط الأكسجين عندما يوجد الأكسجين بوفرة ، ويحرره عندما ينفذ محتوى العضلة من الأكسجين ، كما يحدث خلال التدريب ، ويساعد الأكسجين المتحرر من الميوجلوبين لوقت قصير فقط ، لكن ATP الذي ينتج بوساطة أكسجين التنفس لا يفي بحاجة العضلة ؛ وذلك بسبب الحدود المفروضة على تزويد الأكسجين الموجود . فكيف ينتج ATP الإضافي اللازم؟

إن خلايا العضلة لها قدرة على حمل اللاكتيك المتخمر (شكل ٩-٣) وهذا يسمح لها بإنتاج ATP لاهوائي إضافي (دون أكسجين إضافي) ، ونتيجة لهذا التخمر يتراكم حامض اللاكتيك في ألياف العضلة وفي السائل حولها خلال عمل العضلة الشاق والمستمر ، ولكن التزويد الكافي من ATP يحافظ على قوة انقباض مستمر للعضلة .



شكل (٩-٣) أيض خلية عضلة في حالة الانقباض النشط للعضلات ، ينتج ATP بوساطة طرق أيض هوائية (حلقة كريبس وجهاز نقل الكترون مايتوكوندريوني) يستمر بأعلى معدل سامحا لتوصيل الأكسجين إلى خلايا العضلة . وينتج ATP إضافي بوساطة طريق إمبدين - ميرهوف بتخمر اللاكتيك . وينتج حامض اللاكتيك نتيجة لتكون ATP بهذا الطريق ، ويعوض عجز الأكسجين عندما تعود العضلة إلى الراحة .

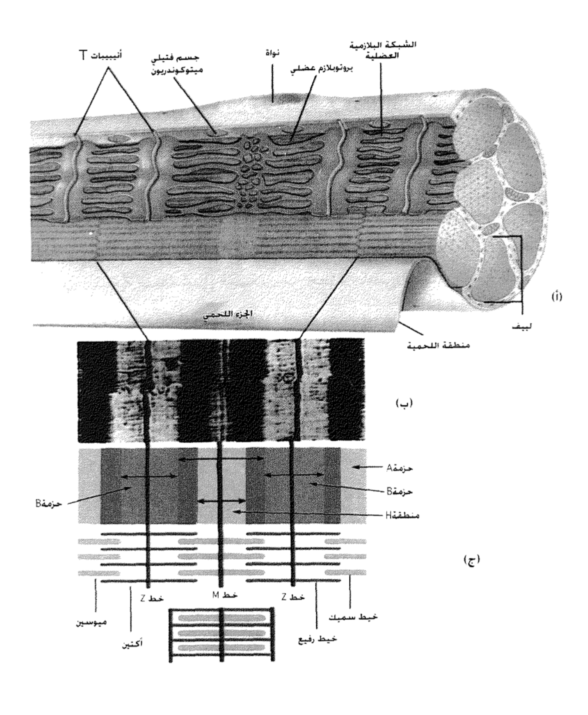
ونتيجة لهذا الاستخدام المؤقت لطريق الأيض اللاهوائي لديْن الأكسجين (oxygen dept) ، وينتج عجز كيميائي عندما تعود العضلة للراحة . وعندما يتوقف انقباض العضلة ، فإن حامض اللاكتيك المتراكم يجب أن يعالج ، حيث يصدر بعضا من حامض اللاكتيك الذي يتراكم في العضلات العاملة إلى الكبد ، ويتحول إلى الجليكوجين . وبعد عودة العضلة إلى الراحة ، وتزودها ثانية بالأكسجين ، يتحول حامض اللاكتيك المتبقي في ألياف العضلة إلى حامض البيروفيك مرة ثانية .

ويوجد حد لعجز الأكسجين ؛ لأن زيادة تراكم حامض اللاكتيك يسبب إجهادا للعضلة ، ويمكن أن تسبب تغيرا في الرقم الهيدروجين (pH) للعضلات . ويبدو أن الآليات الطبيعية الفعالة تحمي العضلات من خطورة حامض اللاكتيك الزائد المتراكم فيها .

٢-٢- نظرية الخيوط المنزلقة The Sliding Filament Theory

إن إثبات زينت - جيورجي الذي يقول إن مستخلص خيوط الأكتوميوسين وترسباتها يمكن أن تقصر إذا تم تزويدها ب ATP ، قد ركز الانتباه على البروتينين المنقبضين ، الأكتين والميوسين ، وعلى الترتيب الطبيعي في ألياف العضلة الذي يسمح لها بالتفاعل خلال الانقباض . وقادت بعض الخطوات المبكرة إلى فهمنا الحاضر إلى هذه العلاقات . وكشفت بحوث العالمين الإنجليزيين : A.F Huxley الذي درس انقباض العضلة بصورة رئيسة بالجهر الضوئي ، و H.E.Huxley الذي درس التركيب الدقيق للعضلات بالجهر الالكتروني .

تتكون العضلة الهيكلية من ألياف مخططة ، وتتكون كل ليفة من عدد من الليبفات (myofibrils) شكل (٩-٤أ) ، وكل ليفة تتكون من عدة وحدات عضلية (sarcomeres) شكل (٩-٤ب) ، وهذا يعني أن لها نظاماً متبادلاً من حزم مضيئة وأخرى مظلمة . ويظهر تخطيط الألياف مجتمعة من تبادل الحزم المضيئة والحزم المظلمة لعدد أصغر من الليبفات الأنبوبية الموجودة في كل ليف عضلي .



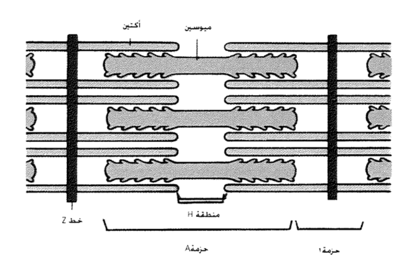
شكل (٩-٤) تشريح ليف عضلي كما وضحه مجهر الكتروني

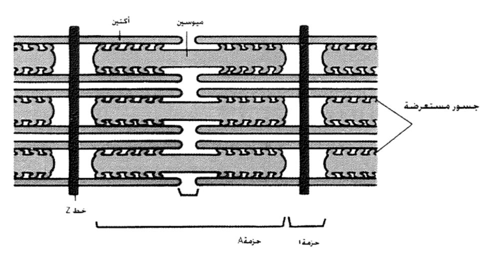
وتسمى الحزم المظلمة في الليفات بحزم A (A bands) ، وهذه تتبادل مع حزم مضيئة تسمى حزم (I bands) . ويوجد في مركز كل حزمة مظلمة (A) منطقة أكثر إضاءة من باقي الحزمة ، تسمى منطقة (H zone) أو (حزمة M) . وفي وسط كل حزمة خط أسود رفيع مميز يسمى خط Z (شكل ٩-٤جـ) ، وتعكس أنماط الحزم لليفات العضلية تنظيمها الوظيفي ، وجزء الليف الذي يتحرك من خط Z إلى الخط التالي هو وحدة انقباض مفردة تسمى جزء لحمي(sarcomere) . وأظهر المجهر الالكتروني والتحليل الكيميائي الحيوي لليفات العضلة أن نظام تخطيط الليفات ناتج عن ترتيب نوعين من الخيوط موجودين داخل تلك الليفات . خيوط سميكة نسبيا تتكون من الميوسين تمر خلال حزمة A ، وخيوط رفيعة نسبيا تحتوي أكتين (وعدة بروتينات أخرى) ، تمر خلال حزمة I ، وتتداخل أيضا مع خيوط الميوسين السميكة في جزء من حزمة A . وهذا الجزء من حزمة A الذي تتداخل فيه الخيوط السميكة والخيوط الرفيعة أظلم من منطقة H مركز حزمة A التي تحتوي فقط خيوط الميوسين السميكة . وخط Z هو تركيب يثبت به الأكتين الأصفر الذي يحتوي خيوطاً .

افترض A.F. Huxley و H.E. Huxley أنموذجا للأحداث الجزيئية في تقلص عضلة ، الذي يسمى الآن نظرية الخيوط المنزلقة شكل (٩-٥) . وتقر هذه النظرية أنه استجابة للمثير فإن خيوط الميوسين السميكة والأكتين الرفيعة التي تحتوي خيوطاً تنزلق على بعضها بعضاً ، وتزيد الكمية التي تتداخل بها . ويسحب هذا الانزلاق خطّا Z لكل جزء لحمي قرب بعضهما . وتختفي منطقة H في كل جزء لحمي ، وتصبح جميع حزم I في الجزء اللحمي (الساركومير) ضيقة ، بينما يبقى عرض حزم A ثابتاً . وقصر الأجزاء اللحمية جميعاً ضمن كل ليفة عضلية يتسبب في قصر الليف الداخلي ، وتقصر جميع ليفات العضلة في خيط العضلة تلقائياً ؛ مما يؤدي إلى قصر الليفة كلها . وقصر عدد من الألياف يسبب انقباض العضلة كلها وتبذل قوة سحب .

كيف تنزلق الخيوط السميكة والرفيعة وتسبب انقباضاً عضلياً؟ يستخدم انزلاق

الخيط روابط مؤقتة تتكون بين الميوسين في الخيوط السميكة والأكتين في الخيوط الرفيعة . والروابط مرنة ، وهي جسور مؤقتة تنشأ عندما تتصل رؤوس الجلوبيولر لجزيئات الميوسين مع مراكز على جزيئات الأكتين في الخيوط الرفيعة شكل (٩-٥) . وحال تكوّن جسر مستعرض ، فإنه ينثني ، وبالتالي يبذل قوة سحب على الخيط الرفيع ويزلقه نحو الخيط السميك .





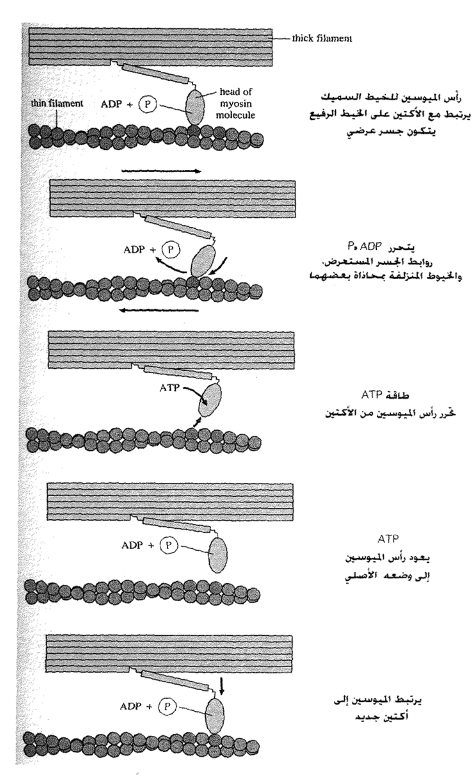
شكل (٩-٥) نظرية الخيوط المنزلقة (أ) جزء لحمي (ساركومير) مسترخٍ ، (ب) جزء لحمي (ساركومير) منقبض

مع أن التفاصيل ليست واضحة تماما ، لكن يبدو أن الرابطة الرئيسة بين الأكتين والميوسين تحتاج إلى وجود جزيء ATP . ويتميأ ATP خلال تكوّن الجسر المستعرض ويزوّد عملية الانثناء بالطاقة ، ثم تتحرر الروابط بين الاكتين والميوسين . ويعود رأس الميوسين إلى مكان ارتباطه السابق ، ويصبح جاهزا لتكوين جسر جديد مع جزيء الأكتين على طول الخيط الرفيع .

وفي أثناء كل انقباضه للعضلة ، تعاد دورة الجسور المستعرضة مع كل جزيء من جزيئات الميوسين الكثيرة . وفي أي لحظة توجد عدة روابط بين جزيئات الميوسين وجزيئات الأكتين ، وانزلاق الخيط هو التأثير المركب الذي ينتج عن انثناء عدد من الجسور المستعرضة .

وبعد اكتمال انقباض ليفة العضلة ، تسترخي الليفة ، وفي أثناء الاسترخاء تنزلق الخيوط إلى وضعها الأصلي نسبة إلى بعضها بعضا ، وتنعكس كل التغيرات في لييفات العضلة وطول ليفة العضلة .

ويوضح الشكل (٩-٦) تسلسل تفاعل الجزيئات المستخدمة في أنموذج انزلاق الخيط لانقباض العضلة .



شكل (٩-٦) تسلسل تفاعل الجزيئات المستخدمة في أنموذج انزلاق الخيط لانقباض العضلة

٢-٣- ضبط انقباض العضلة: Control of Muscle Contracion

تتكون وحدات الحركة من عصبون محرك (motor neuron) ، وتثار الألياف العضلية العديدة بوساطة النهاية المتفرعة لمحور العصبون المحرك . وتنقل نبضات العصب (جهد الفعل (action potential)) بوساطة محور العصبون المحرك مسببة انقباض ألياف العضلة . ولكن ماذا يحدث في الفترة ما بين مرور النبضة أسفل محور العصبون المحرك ، وانزلاق الخيط ، التي هي أساس انقباض العضلة؟

يكوّن نهاية محور العصبون المحرك تشابكا يتصل مع منطقة اللحمية (sarcolemma) للغشاء البلازمي للّيفة العضلية . وهذا الجزء المتخصص من اللحمية هو نهاية صفيحة المحرك وتسمى هذه الاتصالات ، الاتصالات العضلية العصبية (neuromuscular junctions) وكما في التشابك ، يوجد فراغ بين خلايا الأعصاب ، يفصل زر التشابك (synaptic knob) لمحور العصبون المحرك عن نهاية صفيحة الطرف المحرك .

وعندما تمر النبضة إلى أسفل ، إلى رأس محور العصبون المحرك ، يتحرر الأستيل كولين من الحافظة على سطح زر التشابك . ويجتاز الأستيل كولين الفتحة بين المحور ونهاية صفيحة المحرك للحمية ، ويرتبط مع مستقبلات الأستيل كولين هناك . وهذه هي مركز عمل مادة سامة تسمى الكورار (curare) . ويرتبط الكورار مع مستقبلات الأستيل كولين ، وتجعلها غير قادرة على الارتباط مع الأستيل كولين .

واللحمية ، كما في غشاء الخلية العصبية ، مستقطبة طبيعيا ، حيث يوجد جهد راحة (resting potential) عبر الغشاء . وروابط الأستيل كولين تغير نفاذية اللحمية ؛ وذلك بفتح قنوات أيونية لبوابات كيميائية خلال اللحمية تبدأ جهد الفعل ، الذي يندفع على طول اللحمية . وهذه الأحداث توازي ما نراه بين خلايا العصب . ولكن كيف يعبر جهد الفعل اللحمية مسببا انزلاق الخيط في جميع أجزاء الليفات العضلية لليف العضلي في الوقت نفسه؟

٣-٢-١ الأنيبيبات المستعرضة (أنابيب T) والأكياس

Tranverse Tubules and Cisternae

في أواخر سنوات ١٩٤٠ ، حقن Liv. Helbrunn وزملاؤه عدداً من المواد في ألياف عضلة ، ووجدوا أنه من المواد المجربة ، فقط أملاح الكالسيوم هي التي سببت انقباض العضلة . وقد أدى هذا الاكتشاف إلى أن التغيرات التي تحدث في اللحمية خلال جهد الفعل تسمح لأيونات الكالسيوم Ca^{+2} بدخول الخلية ، وتنتشر هذه الأيونات إلى الداخل محدثة انقباض البروتينات المنقبضة .

وبعد إجراء تجارب أكثر في السنوات اللاحقة ، فإن هذه الفرضية قد أوقفت . وأحد المشاكل الرئيسة أن بعضا من أيونات الكالسيوم تدخل ليفة العضلة نتيجة لجهود الفعل في اللحمية . وهناك اعتراض آخر وهو أن أيونات الكالسيوم التي تتحرك للداخل بالانتشار ، قد تصل لييفات العضلة الخارجية قبل أن تصل تلك التي في مركز الخلية ، ومع هذا ، تنقبض جميع لييفات العضلة في الليف العضلي في الوقت نفسه . ويبدو أنه إذا بدأت أيونات الكالسيوم بإحداث الانقباض في لييفات العضلة ، فإن بعض الآليات يجب أن تسمح بانتقال تلقائي لأيونات الكالسيوم خلال ليف العضلة .

مثل هذه الآلية موجودة ، وتعتمد على عمل شبكات من تراكيب غشائية موجودة في فراغات بين لييفات عضلية لليفة عضلية . إحدى الشبكات الغشائية هي الشبكة البلازمية العضلية sarcoplasmic reticulum) ، الشبكة الاندوبلازمية لليفة العضل . والأكياس الممتدة للشبكة البلازمية للحمية تسمى الأكياس الجانبية (terminal cisternae) ، تقع قرب خطوط Z لللّييفات العضلية . وتحتوي هذه الأكياس كميات كبيرة من أيونات الكالسيوم .

وتركيب آخر من شبكة الأغشية هو جهاز من أنابيب جوفاء جدرانها متصلة مع اللحمية . وهذه الأنابيب ، التي تفتح خارج الخلية ، تسمى أنابيب مستعرضة أو أنابيب T وهي تخترق جميع أجزاء الخلية ، وتتصل رؤوسها مع أكياس الشبكة الاندوبلازمية للحمية .

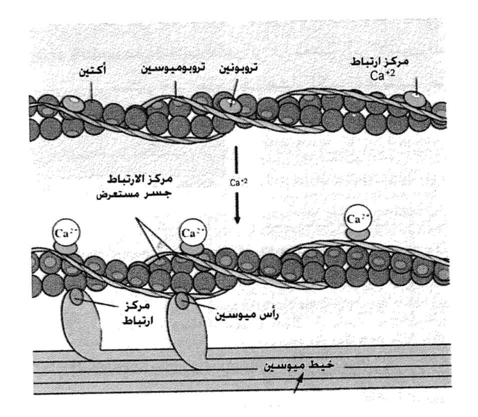
وكل جهد فعل يمر على طول اللحمية يتبعها استقطاب لأغشية جميع الأنابيب المستعرضة . وعندما يصل التغيير الكهربائي في الغشاء رأس الأنبوب المستعرض قرب الكيس الطرفي ، تثير تغير مفاجئ في غشاء الكيس ، مما يسبب تحرر أيونات الكالسيوم . ولأن الأنابيب المستعرضة تخترق جميع أجزاء ليفة العضلة ، فمن الضروري حدوث تحرير الكالسيوم في وقت واحد في جميع أجزاء الليفة ، مسببة تقلص جميع الليفات في وقت واحد .

وبعد تحرير الكالسيوم ، تصبح أغشية الأكياس ثانية غير منفذة نسبيا لأيونات الكالسيوم ، ويدفع نظام النقل النشط أيونات الكالسيوم خلفا إلى الكيس ، ويتوقف الانقباض ، وتهيء حركة أيونات الكالسيوم هذه إلى داخل الكيس ، الخلية للاستجابة للإثارات اللاحقة بوساطة العصب المحرك .

٢-٣-٢- التروبوميوسين، والتروبونين، والكالسيوم

Tropomyosin, Tropnin and calcium

إن الآلية التي تتحرك بها أيونات الكالسيوم من الأكياس الطرفية التي تبدأ بانزلاق الخيط أصبحت واضحة . والبروتينان المنظمان ، التروبونين ، والتروبوميوسين ، اللذان يوجدان مع الأكتين في الخيوط الرفيعة ، يستخدمان مع الكالسيوم للتنظيم . وكل خيط رفيع ضروري أن يكون لولباً مزدوجاً (سلسلتان من جزئيات الأكتين ملتفتان حول بعضهما) (شكل ٩-٧) . يوجد لجزيئات الأكتين مراكز اتحاد مع رؤوس الميوسين . وتوجد جزيئات التروبوميوسين على طول جزيئات التروبونين ، وتعمل على إعاقة تكوين الروابط بين رؤوس الميوسين وجزيئات الأكتين .



شكل (٩-٧) تنظيم انقباض العضلة بوساطة أيونات الكالسيوم

إن جزيئات التروبوميوسين تشبه العصا وتقع في تجاويف بين سلسلتي اللولب المزدوج للخيط الرفيع . ويشغل التروبوميوسين في وقت الراحة وفي غياب الإثارة موقع المفتاح ، نسبة إلى جزيئات الأكتين التي تعيق الارتباط مع رؤوس الميوسين .

إن جزيئات التروبونين هي جزيئات بروتينات جلوبيولر ، التي تشترك مع التروبوميوسين ، ويؤثر تكوينها في موقع التربوميوسين ، نسبة إلى مراكز ارتباط الميوسين مع جزيئات الأكتين . وعند زيادة تركيز أيونات الكالسيوم نتيجة للإثارة ، ترتبط جزيئات التربونين مع أيونات الكالسيوم ، ونتيجة لهذا تحدث تغييرات تكوينية تغير موقع التروبوميوسين . وحركة التروبوميوسين هذه قد لا تغطي مراكز على جزيئات الأكتين ، وتسمح للروابط بين الأكتين والميوسين والضرورية لانزلاق الخيط وانقباض العضلة .

ولا بد من التنويه أنه على الرغم من بعض الاختلافات الوظيفية والتركيبية للعضلة الملساء والعضلة القلبية عن العضلة الهيكلية إلا أن انقباضها يعتمد على الأساس نفسه في آلية انزلاق الخيط كما في العضلة الهيكلية .

٣ . الخلاصة

١. استجابة لمعلومات حسية عن التغيرات الحاصلة في كل من البيئة الداخلية والبيئة الخارجية ، يرسل الجهاز العصبي المركزي استثارة عبر محاور عصبونات محركة إلى مؤثرات مختلفة .

٢. تبذل العضلات الهيكلية قوة بوساطة انقباض وسحب ضد الهيكل العظمي .

٣. توجد ثلاثة أنواع من الأنسجة العضلية ، لكل منها صفات تركيبية ووظيفية . ويجعل النسيج العضلي الهيكلي العضلات تستجيب لحركات الأطراف وحركات الجسم ككل . وتكوّن العضلات الملساء العضلات اللاإرادية الموجودة في القناة الهضمية والأعضاء الداخلية الأخرى . ويوجد نسيج عضلة القلب في القلب .

٤. يحدد قوة انقباضات العضلة ككل ، عدد الألياف المنقبضة ، ومعدل النبضات التي تنقلها محاور العصبونات المحركة المختلفة . وتنتج النبضات المتكررة السريعة استجابة متجمعة .

٥. تحتوي خلايا العضلة بروتينات قابضة ، أكتين وميوسين ، تتفاعل منتجة قصرا طبيعيا . ويتم التزود بالطاقة اللازمة للقصر مباشرة بوساطة ATP .

٦. يزود كرياتين الفوسفات الطاقة المخزونة ، التي تسمح بتزويد سريع ل ATP في العضلة العاملة . ومع استمرار الانقباض ، يصبح تزويد الأكسجين للعضلة هو العامل المحدد . ويسبب استخدام تخمر اللبن الهوائي تكون حامض اللبن ، وتعجز العضلة عن تجميع الأكسجين الذي يجب أن يعاد استخدامه عندما يتوقف عمل العضلة .

٧. تعتمد القاعدة الطبيعية لانقباض العضلة على الترتيب العالي لخيوط البروتين القابض داخل لييفات ألياف العضلة . وتتداخل خيوط الميوسين السميكة مع

الخيوط الرفيعة التي تحتوي الأكتين . وفي أثناء الانقباض تكوّن جزيئات الميوسين في الخيوط السميكة جسورا عرضية مؤقتة مرتبطة مع جزيئات الأكتين في الخيوط الرفيعة . وتسمح الطاقة المزودة بوساطة تميؤ ATP بتكوين هذه الجسور العرضية وشدها . ويسحب الانثناء الخيوط الرفيعة ، ولهذا تتداخل مع الخيوط السميكة ، وتقصر اللييفات وألياف العضلة ككل . وفي أثناء الاسترخاء تعود اللييفات إلى وضعها الأصلي .

٠٨ يتحرر الأستيل كولين عند نهاية محور العصبون المحرك وينبه جهد الفعل الذي يمر على طول اللحمية وأغشية أنابيب T إلى نهاياتها قرب الأكياس الطرفية للشبكة الإندوبلازمية للحمية . وهذه تنبه أيونات الكالسيوم لتتحرر من الأكياس الطرفية ، وتسبب انزلاق الخيط .

٠٩ تختلف الصفات الوظيفية للعضلة القلبية والعضلة الملساء عن العضلات الهيكلية ، لكن يعتمد انقباض الأنواع الثلاثة للعضلات على تفاعل البروتينات القابضة الأكتين والميوسين .

٤٠ أسئلة للتقويم الذاتي

١٠ تشكل عضلات جسم الإنسان :

أ) ربع وزن الإنسان ب) نصف وزن الإنسان

جـ)خمس وزن الإنسان د) ثلث وزن الإنسان

٢٠ يسمى طرف العضلة الذي يتصل مع العظم المتحرك بـ :

أ) المندرج ب) الأصل

جـ) الكعبرة د) لا شيء مما ذكر

٣٠ الطريقة الوحيدة التي تستطيع بها العضلة بذل قوة :

أ) وجود أزاواج متضادة من العضلات ب) قصر العضلة وتمددها

جـ) قصر العضلة د) تمدد العضلة

٤٠ تتميز العضلات الهيكلية بأنها :

أ) إرادية ، مخططة ، ترتبط بالعظام بأوتار ، تستخدم في حركات الأطراف وحركات الجسم الأخرى .

ب) لا إرادية ، غير متصلة بالهيكل العظمي ، غير مخططة .

جـ) لا إرادية ، مخططة ، تتكون من خلايا مستطيلة .

د) لا شيء مما ذكر .

٥٠ تخضع العضلات الملساء في عملها :

أ) لسيطرة الجهازين العصبي الودي (السمبثاوي) والعصبي نظير الودي (نظير السمبثاوي) .

ب) لإرادة الانسان وحركات جسمه المختلفة .

جـ) الجهاز العصبي الذاتي .

د- لا شيء مما ذكر .

٠٦ تحيط العضلة الملساء بالأعضاء الآتية :

أـ جدار القناة الهضمية فقط ب- القصبة الهوائية فقط

جـ- الرحم والمثانة البولية فقط د- جميع ما ذكر

٠٧ تتمير العضلة الملساء بأنها :

أ- تنقبض ببطء وتبقى منقبضة لفترة طويلة .

ب- تنقبض ببطء وتبقى منقبضة لفترة قصيرة .

جـ- تنقبض بسرعة وتبقى منقبضة لفترة قصيرة .

د- تنقبض ببطء وتبقى منقبضة لفترة طويلة .

٠٨ عندما تنقبض العضلات :

أ) يزداد حجم الجزء اللحمي (الساركومير) .

ب) تأخذ أكياس تخزين الكالسيوم عنصر الكالسيوم .

جـ) تختفي منطقة H د) جميع ما ذكر

٠٩ يعمل كمخزن للطاقة ، لزيادة قابلية العضلة للاستمرار بنشاطها

أ) ATP ب) ADP

جـ) الجليكوجين د) فوسفات الكارياتين

٠١٠ أعد ترتيب أحداث انقباض العضلة وفق تسلسل الأحداث الصحيح :

أ) تنثني الجسور العرضية ب) تحرر الجسور المستعرضة مراكز الربط

جـ) نبض العصب . د) تحرر الكالسيوم

هـ) إزالة استقطاب أنابيب T (الأنابيب المستعرضة)

و) كشف مراكز ارتباط خيوط الأكتين ز) تحرر الأستيل كولين

٥٠ أسئلة للمراجعة

١٠ قارن بين الأنواع الثلاثة للأنسجة العضلية .

٢٠ ما الصفة الوظيفية الضرورية لترتيب العضلات الهيكلية في أزواج متضادة؟

٣٠ اشرح أدوار فوسفات الكرياتين والميوجلوبين في عمل العضلة .

٤٠ عرف مصطلح وحدة حركة .

٥٠ اشرح الآلية التي بزيادة قوة السيال العصبي تزداد انقباضات العضلة ككل .

٦٠ كيف يحفظ توتر العضلة في العضلات الهيكلية دون نشوء تعب عضلي؟

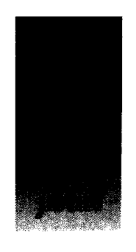
٧٠ ما نوع العناصر التي تتوقع أن تلاحظها في صورة مجهرية لمقطع عرضي لمنطقة H والحزمة I ؟

٨٠ فسر لماذا تبدو مناطق H مختفية في لييفات عضلة منقبضة .

٩٠ ما دور التروبونين في تنظيم انزلاق الخيط في لييفات عضلة؟

١٠٠ ما الأهمية الوظيفية الحقيقة أن الأنابيب المستعرضة (أنابيب T) ممتدة في عمق ألياف العضلة وكونها تتفرع بكثافة؟

١١٠ لماذا يجب توافر أيونات الكالسيوم (Ca^{+2}) في الوسط الذي استخدمه زينت جيورجي عندما أحدث بنجاح قصر خيوط الأكتوميوسين بإضافة ATP .



الجهاز الهيكلي

Skeletal System

المحتويات

٢-٣- العمود الفقري

٠٣ الهيكل الطرفي

٣-١- الطرفان العلويان

٣-٢- الطرفان السفليان

٠٤ العظام

٤-١- تركيب العظام

٤-٢- أنواع العظام

٠٥ الخلاصة

٠٦ أسئلة للتقويم الذاتي

٠٧ أسئلة للمراجعة

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن :

٠١ تفسر لماذا يولد الأطفال ورؤوسهم طرية .

٠٢ تحدد وظائف الجهاز الهيكلي ووظائف العظام .

٠٣ تذكر الأقسام الرئيسة للجهاز الهيكلي .

٠٤ توضح الفروق بين الجهاز الهيكلي للذكر والأنثى .

٠٥ تحدد أنواع المفاصل مع أمثلة على كل نوع .

٠٦ تشرح تركيب المفصل الزلالي (السينوفي) .

٠٧ تصف تركيب العظام .

٠٨ تصنف العظام .

يتكون الجهاز الهيكلي (الهيكل العظمي) من ٢٠٦ عظمات ، وتحمل وزنا من العضلات والعظام خمسة أضعاف وزنها ، وترتبط معا عند المفاصل بأربطة قوية وأوتار ، وتتحرك بوساطة مجموعات قوية من أزواج العضلات .

ويولد الوليد وعنده ٣٥٠ عظمة طرية ، أي نحو ١٥٠ عظمة أكثر من الشخص البالغ . لكن مع مرور الوقت ، تلتحم معظم عظام الوليد . حيث تلتحم خمس من الفقرات الأصلية لتكون العظمة السفلى المسماة العصعص . وعند اكتمال التحام العظام عادة بين ٢٠-٢٥ شهرا ، يصبح عدد العظام في الأطفال البالغين ٢٠٦ عظمات دائمة . لكن قد يكون لبعض الأشخاص فقرة واحدة أو زوج من الفقرات أكثر من الطبيعي .

لماذا يولد الأطفال ورؤوسهم طرية؟

تتكون جمجمة الوليد من عظم طري وغضروف ، وذلك لأن رأس الوليد عند الولادة كبير نسبة إلى حجم فتحة الولادة في وسط حوض الأم ، فينضغط رأسه في أثناء دفعه من تلك الفتحة . وقد يكون رأس الوليد مفلطحاً لكنه غير ضار ، ويستعيد شكله الطبيعي خلال أيام . ويكون رأس الوليد عند ولادته غير مكتمل النمو ، فينمو بسرعة ، وتتمدد الجمجمة الطرية حتى سن ١٨ شهرا ، عندها يصل الدماغ حجمه المطلوب ، وتتصلب الجمجمة حوله .

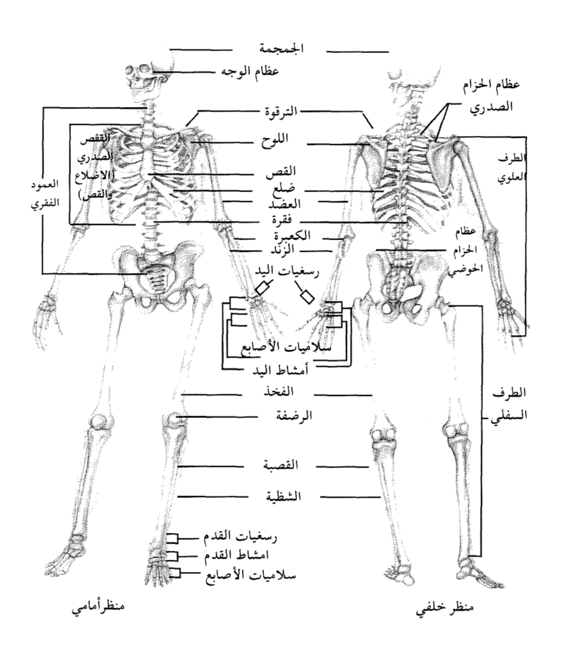
وتعمل العظام أكثر من كونها تساعد على الوقوف والمشي . فهي تحمي الأعضاء الداخلية : فالجمجمة تحمي الدماغ ، والقفص الصدري يحمي القلب والرئتين . وينتج النخاع داخل عظام معينة خلايا دموية حمراء تنقل الأكسجين والمواد الغذائية لخلايا الجسم ، وينتج النخاع في عظام أخرى ملايينا من خلايا دموية بيضاء ، وهذه تحطم البكتيريا الضارة . كما أن العظام تصلح نفسها عندما تصاب بجرح .

ويختلف هيكل الذكر عن الأنثى ، بأن حوض المرأة أعرض من حوض الرجل ، وتوجد فتحة ولادة واسعة ومستديرة في مركزه . ولهيكل الرجل فتحة صغيرة وقلبية الشكل . وبالنسبة للعظام الأخرى ، فعظام الرجل أكبر وأكثر وزنا من عظام المرأة . وعظام صدر المرأة أعرض وأقصر منها في الرجل ، وحجمها أكثر نعومة ، وعظام رسغها نحيلة أكثر من الرجل . وفكها أصغر ، ونادرا ما يكون لها حواجب كثيفة ممتدة ، وغالبا ما تكون مقدمة الرأس في الرجل منحدرة .

ومن أهم مميزات هيكل الإنسان تركيب الجمجمة ، وتركيب الطرف الخلفي ، والحزام الحوضي ، وما طرأ عليهما من تحورات مكنت الإنسان من السير على اثنين وليس على أربع كما في بقية الحيوانات ذوات الأربع .

ويمكننا تقسيم هيكل الانسان إلى جزئين (شكل ١٠-١) . أولاً : الهيكل المحوري (axial skeleton) ، الذي يدعم محور الجسم الرئيس- الرأس ، والعنق ، والجذع . ويشمل الجمجمة (skull) التي تحيط بالدماغ (brain) وتكون الوجه والفكين ؛ والفقرات(vertebrae) ، وهي سلسلة من العظام تكون العمود الفقري (vertebral column) ؛ والقفص الصدري (thoracic bones) . ثانياً : الهيكل الطرفي (appendicular skeleton) ويشمل عظام الأطراف (اليدين والرجلين) ، وعظام الحزامين : الحزام الصدري (pectoral girdle) الذي يدعم اليدين وتربطها مع الهيكل المحوري ، والحزام الحوضي (pelvic girdle) الذي يدعم الرجلين ، وتربطها مع الهيكل المحوري .

وتخصصت عظام الحزام الصدري والطرفان الأماميان بأغراض المرونة والتمفصل . أما عظام الحزام الحوضي والطرفان الخلفيان فقد تخصصت بأغراض القوة والثبات .



شكل (١٠-١) الجهاز الهيكلي . عظام الهيكل المحوري ملونة باللون الأخضر ؛ وعظام الهيكل الطرفي ملونة باللون الذهبي .

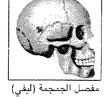
١٠ المفاصل Joints

جميع العظام صلبة ، ولكن الجسم مرن ويتحرك بسهولة . والسبب في ذلك أن العظام تتصل معا بوساطة مفاصل . وهناك ثلاثة أنواع من المفاصل شكل (١٠-٢) تسمح بعدة أنواع ودرجات من الحركة ، وهي :

١-١- المفاصل الليفية (fibrous joints) : يوجد هذا النوع من المفاصل بين العظام المنبسطة في الجمجمة ، إذ ترتبط هذه العظام معاً بوساطة أنسجة ليفية ، ولا توجد حركة بينها ، لذلك تسمى مفاصل عديمة الحركة .

١-٢- المفاصل الغضروفية (cartiligenous joints) : يوجد هذا النوع من المفاصل بين فقرات العمود الفقري ، وتربط بين الضلوع وعظمة القص وتحدث حركة بسيطة ، تستطيع العظام بوساطتها أن تنثني أو تدور على طبقة الغضروف الليفي التي توجد بين عظمتين ، ولذلك تسمى مفاصل قليلة الحركة .

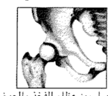
١-٣- المفاصل الزلالية(السينوفية) (synovial joints) : اشتق هذا الاسم من الغشاء التشحيمي أو التزييتي (السينوفي) الذي يحيط بالمفصل ويشحمه . ويتمتع الكثير من هذه المفاصل بمدى واسع من الحركة مثل المفصل الذي يصل الفخذ بعظام الحوض ، والمفصل الذي يقع بين عظمة اللوح والساعد ، ويسمى مفصل الكرة والحق(ball - and socket joint) . ويسمى هذا النوع من المفاصل مفاصل حرة الحركة .

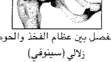
مفصل الجمجمة (ليفي)



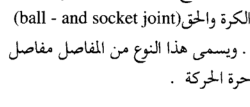
مفصل بين الفقرات (غضروفي)



مفصل بين عظام الفخذ والحوض زلالي (سينوفي)



مفصل كروي حقي



مفصل كروي (مفصل الكتف)

شكل (١٠-٢) أنواع المفاصل

١-٣-١- أجزاء المفصل الزلالي (السينوفي)

عند تشريح العديد من المفاصل الزلالية ، نجدها تشترك في عدد من الصفات الرئيسة ، شكل (١٠-٣) ، فكل المفاصل الزلالية لها غطاء ارتفاقي من أربطة الكبسولة ومن غشاء زلالي ، وتلتصق بنهايات العظام مكونة المفصل وطبقات من الغضروف الارتفاقي .

١-٣-٢- الغضروف الارتفاقي

في حالة المفصل الزلالي ، تكون أجزاء العظام التي تلامس بعضها بعضا مغطاة بطبقات من الغضاريف ، ويعرف هذا النسيج بالغضروف الارتفاقي (الغضروف المتعلق بالمفصل) ، ووظيفته توفير سطح أملس ومستو تستطيع نهايات العظام أن تتحرك عليه .

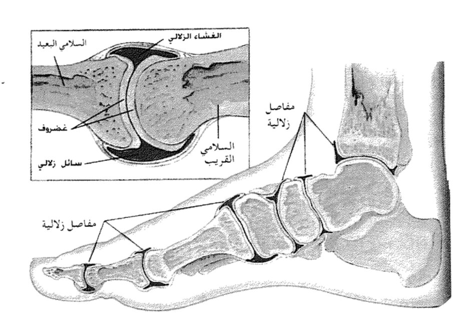
وهناك ميزة أخرى للغضروف الارتفاقي كسطح للمفصل ، فهو ينمو أسرع من العظام ، فإذا بلي من الاستعمال ، يمكن إصلاحه بسرعة أكبر مما لو كانت نهاية العظام الخالية من أية حماية ؛ هي التي تكون سطح المفصل .

١-٣-٣- الغطاء الارتفاقي

يحيط بكل مفصل زلالي غطاء يحميها من البرد ، وهو مرتبط ارتباطا وثيقا بالعظام على جانبي المفصل ، وهكذا يتكون تجويف مغلق يحتوي أجزاء العظام التي تشكل المفصل وغضاريفها الارتفاقية .

ويتكون الغطاء الارتفاقي من طبقتين من الأنسجة ، الطبقة الخارجية تتكون من نسيج ليفي أبيض بالغ المتانة ، وتسمى رباط الغطاء ، وتربط نهايات العظام التي تكون المفاصل معاً ، كما تدعم الطبقة الرقيقة الداخلية التي هي الغشاء الزلالي ، وهذا الغشاء يبطن كل السطح الداخلي لأربطة الغطاء ، كما أنه يغطي أجزاء من العظام .

وتفرز خلايا هذا الغشاء الزلالي سائلا لزجا (صمغيا) أصفر اللون يبلل كل الأشياء الموجودة داخل الغطاء الارتفاقي . والغرض منه تشحيم المفصل لكي يكون هناك ضمان للحركة الرقيقة لسطح كل مفصل على الآخر بأقل قدر من التحلل .



شكل (١٠-٣) أجزاء المفصل الزلالي

١-٣-٤- الأسطوانات (الأقراص) الارتفاقية

تختلف مفاصل الركبتين إلى حد ما إضافة إلى المكونات السابقة بوجود قرصين ارتفاقيين ، ويتكون هذان القرصان من غضاريف شبيهة بالهلال ، ووظيفتها أن تساعد على تداخل أسطح المفصل في بعضها . وحين تصاب الركبة نتيجة للالتواء أو الثني ، قد تتمزق هذه الأقراص وتسبب مرض الغضروف الشائع بين لاعبي الكرة . وفي العادة يستأصل جراحو العظام هذا الغضروف الممزق لإعادة الحركة إلى المفصل .

١-٤- أنواع المفصل الزلالي

إن التركيب الأساسي واحد للمفاصل الزلالية ، ولكن توجد فروق كبيرة في طرق تشكيل عظامها ، مثلا مفصل الكرة والحق الذي يقع بين عظمة اللوح والساعد سمي على أساس الطريقة التي يتصل بها الرأس المدور لعظمة الساعد في المنطقة المجوفة في عظمة اللوح ، ويوجد مفصل مشابه في الطرف السفلي حيث تتصل عظمة الفخد بالحوض ، وهذا النوع من المفاصل يسمح بمدى واسع من الحركة في جميع الاتجاهات .

والمفاصل السلامية بين العظام الصغيرة مثل السلاميات في الأصابع . وتحدث الحركة في المفاصل في مستوى واحد فقط ، ويرجع هذا جزئيا إلى الطريقة التي تتشكل بها نهايات العظام وإلى الأربطة بالغة المتانة الموجودة على جانبي كل مفصل من المفاصل .

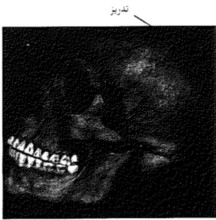
وفي الكوع تكوّن عظمة الزند مفصلا خطافيا مع عظمة الساعد ، ويوجد هنا مفصل ارتكازي بين عظمة الساعد وعظمتي الزند والكعبرة ، وهذا المفصل يساعد رأس عظمة الكعبرة على الدوران في أثناء حركة اليد من الوضع الذي يكون فيه كف اليد إلى أعلى ، إلى الوضع الذي يصبح فيه كف اليد إلى أسفل .

٠٣ الهيكل المحوري Axial Skeleton

يتكون الهيكل المحوري من الجمجمة والقفص الصدري والعمود الفقري :

٣-١- الجمجمة Skull : وهي مجموعة عظام عددها ٢٢ عظمة متصلة مع بعضها بمفاصل مسننة عديمة الحركة (ثابتة) تعرف بالتداريز (sutures) . وتمتاز جمجمة الإنسان بعظام الجبهة الكبيرة والعريضة . وعلبة الدماغ كبيرة ومتسعة أيضا ، وتقع هذه العلبة فوق الوجه وليس خلفه كما في بقية الثدييات ، ويقع حجابا العينين في مقدمة الوجه شكل (١٠-٤) .

وعند الميلاد تكون عظام الجمجمة غير كاملة التكوين ، وتوجد خمس مناطق غشائية بين العظام تعرف بالثقوب(fontanelles) ، وهي تعطي رأس الطفل المرونة التي تساعده على المرور من قناة الميلاد .

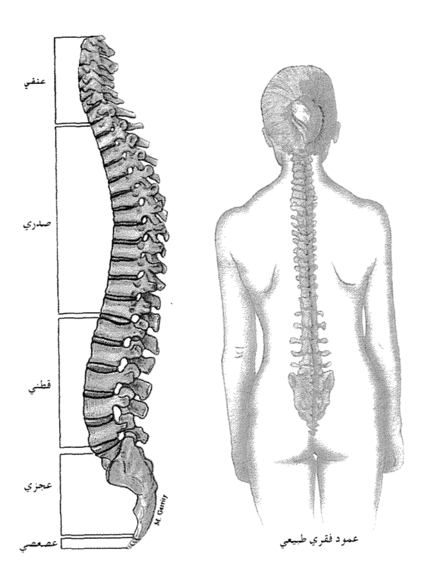


شكل (١٠-٤) الجمجمة

٣-٢- القفص الصدري thoracic bones: يوجد في القفص الصدري اثنا عشر زوجا من الأضلاع ، يتمفصل كل زوج منها مع إحدى الفقرات الصدرية ، وتتصل العشرة أزواج الأول العليا بالقص (sternum) ، وهو عظم وسطي مسطح يقع على الجانب الأمامي للصدر ، أما الزوجان الباقيان من الأضلاع فلا يتصلان بالقص من الأمام ، ولذا يعرفان بالضلوع السائبة أو الطافية (floating ribs) وتتصل الأضلاع الخلفية بالفقرات الظهرية . وبذلك يتكون القفص الصدري من عظمة القص والأضلاع والفقرات الظهرية شكل (١٠-١) .

٣-٣ - العمود الفقري vertebral column: يمتد على طول الجذع وهو على درجة من الصلابة ، ويتمفصل مع الجمجمة على سطحها السفلي ، وهذه من مميزات الإنسان ، فالمفصل المقابل في الفقاريات الأخرى وفي الثدييات الأخرى أيضا ، يوجد على السطح الخلفي للجمجمة . ويعمل العمود الفقري على تدعيم وإسناد الأحشاء الداخلية الطرية . ويتصل الحزامان الصدري والحوضي بالعمود الفقري ، وبذلك تنتقل حركة الأطراف إلى محور الجسم .

ويتكون العمود الفقري من ٣٣ أو ٣٤ فقرة ، وهو مميز إلى مناطق يختلف شكل الفقرة في كل منها عن الأخرى ، وهذه المناطق هي شكل (١٠-٥) :



شكل(١٠-٥) العمود الفقري

- المنطقة العنقية (cervical region) وفيها (٧) فقرات عنقية .
- المنطقة الصدرية (thoracic region) وفيها (١٢) فقرة صدرية .
- المنطقة القطنية (lumber region) وفيها (٥) فقرات قطنية .
- المنطقة العجزية (sacral region) وفيها (٥) فقرات مندمجة مع بعضها . ويتصل بها الحزام الحوضي .

- المنطقة العصعصية (coccyx region) وفيها ٤ أو ٥ فقرات صغيرة مندمجة مع بعضها . وهي تكون الطرف الخلفي للعمود الفقري ، وتمثل المنطقة الذيلية الضامرة في الانسان ، وترتبط أجسام الفقرات معاً بسلسلة من الوسائد الغضروفية ، وهي التي تفلت أحيانا وتبرز من الفقرات فتسبب الحالة المعروفة بالانزلاق الغضروفي . وترتبط الفقرات المختلفة بوساطة روابط عديدة ، وتتمفصل كل فقرة في فقرات المنطقة العنقية والصدرية والقطنية مع الفقرة التي تسبقها والفقرة التي تليها ، مما يسمح للعمود الفقري بقدر من الحركة في هذه المناطق .

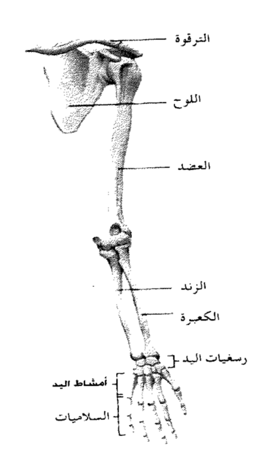
٠٣ الهيكل الطرفي Appendicular Skeleton: ويتكون من :

٣-١- الطرفان العلويان (الأماميان) Upper Limbs

يربط الحزام الصدري (Pectoral girdle) الطرفين الأماميين بالجسم . ويتركب الحزام الصدري من عظم أساسي ظهري على كل جانب يعرف باللوح (scapula) ، وعظم صغير ورفيع يعرف بالترقوة (clavicle) ، وتتصل الترقوة بالقص عند طرفها الداخلي ، وتتصل باللوح عند طرفها الخارجي ، ويوجد تجويف عند كل من جانبي الحزام الصدري يعرف بالتجويف الأروح(glenoid cavity) وهو يستقبل رأس عظم العضد مكونا مفصل الكتف (اللوح) .

وتتركب عظام الطرف الأمامي من عظم العضد (humerus) ،الجزء الأول من الذراع (arm) .

ويلتقي عظم العضد مع عظمي الزند (ulna) والكعبرة (radius) ، عند مفصل الكوع أو المرفق (elbow joint) . وتصل نهاية عظمي الزند والكعبرة إلى مفصل الرسغ (wrist joint) المكون من ثماني عظام رسغية لليد (carpals) ؛ تقع في صفين . وتأتي بعدها خمس عظام مستطيلة تسمى أمشاط اليد (metacarpals) ، يليها سلاميات الأصابع (phalanges) الخمسة ، وهي ثلاث عظمات لكل أصبع ، عدا الإبهام يتكون من عظمتين فقط (شكل ١٠-٦) جدول (١٠-١) .



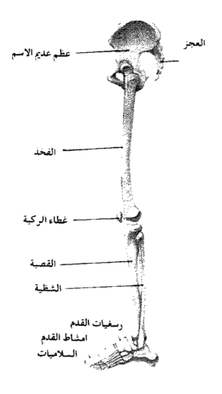
شكل (١٠-٦) عظام الحزام الصدري ، والذراع ، واليد

٣-٢- الطرفان السفليان (الخلفيان) Lower Limbs

يربط الحزام الحوضي (pelvic girdle) عظام الطرفين الخلفيين بالجسم ، ويتركب الحزام الحوضي من نصفين يعرف كل منهما بالعظم عديم الاسم (innominate bone) ،ويتركب كل عظم عديم الاسم من ثلاثة عظام ، هي العاني (pubis) وهو أمامي بطني ، والورك (ischium) وهو خلفي بطني والحرقف(illum) وهو ظهري . ويتصل العظم عديم الاسم عند الظهر بالعمود الفقري ، ويتصل نصفا الحزام الحوضي أحدهما بالآخر عند أسفل البطن فيما يعرف بالارتفاق العاني (symphysis pubis) . ويكون العجز (sacrum) (الفقرات العجزية الملتحمة) مع العظمين عديمي الاسم والعصعص ما يعرف بالحوض (pelvis) ويوجد على كل من جانبي الحوض

تجويف يعرف بالحق (sockct)تشترك في تكوينه عناصر العظم عديم الاسم الثلاثة ، ويستقبل الحق رأس عظم الفخذ ويكون معه مفصل الحق .

والطرف الخلفي يتكون من عظم الفخذ (femur) وهو الجزء الأول من الرجل وأطولها ، ويتمفصل رأسه مع تجويف الحق والفخذ أقوى عظمة في جسم الإنسان وتقاوم ضغط ٢١٦كجم/سم^{٣} عندما يمشي الإنسان ، وتتركب الساق الجزء الثاني من الرجل ، من عظمتين هما القصبة (tibia) وهي كبيرة وغليظة تقع للداخل ، والشظية (fibula) وهي أصغر وأدق وتقع للخارج ، ويلي ذلك عظام رسغ (رسغيات) القدم وهي سبع عظام في العقب (tarsals) ، ثم أمشاط القدم (metatarsals) وهي خمسة عظام تناظر أمشاط اليد ، ثم سلاميات أصابع القدم وهي اثنتان في الإصبع الكبيرة وثلاث في كل من الأصابع الأخرى شكل (١٠-٧) .



شكل (١٠-٧) عظام الحزام الحوضي والرجل والقدم

جدول (١٠-١) العظام الرئيسة في الجهاز الهيكلي وعددها

الجزء	العظام المكونة لها	عدد العظام
الهيكل المحوري	الجمجمة	٢٢
(٨٠ عظمة)	العمود الفقري	٣٣
	القص	١
	الأضلاع	٢٤
الهيكل الطرفي		
(١٢٨ عظمة)		
الحزام الصدري	اللوح	٢
(٤)	الترقوة	٢
الذراع	العضد	٢
(٦)	الزند	٢
	الكعبرة	٢
اليد	رسغيات اليد	١٦
(٥٤)	أمشاط اليد	١٠
	سلاميات الأصابع اليد	٢٨
الحزام الحوضي	عديم الاسم	٢
(٢)	الفخذ	٢
الرجل	القصبة	٢
(٨)	الشظية	٢
القدم	ركبة الرجل	٢
(٥٢)	رسغيات القدم	١٤
	أمشاط القدم	١٥
	سلاميات أصابع القدم	٢٨

٠٤ العظام

٤-١- تركيب العظام

تتكون العظام من مـادة صلبـة هي النسيج العظمى (bone tissue) ، وأهم أجزاء هذا النسيج هو المادة المعدنيـة الغنيـة بأمـلاح الكالسـيوم والماغنسيـوم والفوسـفات والكربون مما يجعل النسيج العظمى صلبا ومتينا .

وتغطي العظام طبقة خارجية كثيفة تعرف بالقشرة ، وتغطي القشرة طبقة داخلية اسفنجية ممتلئة بالنخاع (marrow) ، والنخاع عبارة عن شبكة من النسيج الضام يتميز بخلايا خاصة تنتج كرات الدم الحمراء وأنواعا من كرات الدم البيضاء تسمى خلايا بلازما النخاع (myeloblasts)، ولون النخاع أحمر أو أحمر يميل إلى الصفرة . وغشاء السمحاق (periosteum) يغطي سطح العظمة .

والعظام أعضاء حية مجوفة تحوي أوعية دموية وأعصاباً ، ولهذا أهمية كبيرة ، فلو أنها صماء لكانت أثقل .

ويختلف التركيب الكيميائي للعظم باختلاف السن وطبيعة الغذاء وحالة النشاط للغدد والفم . والغدد الدرقيـة هي أبرز الغدد المرتبطة بتنظيم التوازن بين الفسفور والكالسيوم في العظام وهو فيتامين (د) ، فعند التعرض لأشعة الشمس (الأشعة فوق البنفسجيـة) تساعد الجلد على صنع هذا الفيتـامين ، ويتبع افتقار الغذاء لهذا الفيتامين إلى قلة مقدرة الأمعاء على امتصاص الكالسيوم والفسفور ، ويسبب ذلك تشوها في العظام ولينها ، وهي ظاهرة تعرف بالكساح .

٥-٢- أنواع العظام

تصنف العظام إلى الأنواع الآتية :

٠١ **العظام الطويلة** : ومن أمثلتها عظمة الفخذ وعظمة الذراع .

٠٢ **العظام المنبسطة** : ومن أمثلتها عظمة اللوح .

٠٣ **العظام القصيرة** : مثل عظام رسغ اليد ، وعظام مشط اليد ، وعظمة الرضفة .

٠٥ الخلاصة:

٠١ الوظائف الرئيسة للجهاز الهيكلي هو نقل قوة العضلة ودعم الجسم وحماية الأعضاء الداخلية .

٠٢ يولد الوليد وعنده ٣٥٠ عظمة طرية ، وتلتحم مع مرور الوقت وتصبح ٢٠٦ عظمات في الأطفال البالغين .

٠٣ يقسم هيكل الإنسان إلى قسمين رئيسين :

أ) الهيكل المحوري : ويشمل الجمجمة والعمود الفقري والقفص الصدري .

ب) الهيكل الطرفي : ويشمل عظام الأطراف والحزامين الصدري والحوضي .

٠٤ تتصل العظام معا بوساطة مفاصل ، وهي ثلاثة أنواع : المفاصل الليفية وتوجد غالباً بين العظام المنبسطة ،والمفاصل الغضروفية ، وتوجد بين فقرات العمود الفقري ، وتربط بين الضلوع وعظمة القص ، والمفاصل الزلالية ، وتوجد بين العظام الطويلة .

٠٦ أسئلة للتقويم الذاتي

٠١ يولد الوليد وعنده .... عظمة ، ويصبح عددها .... عظمات دائمة في الطفل البالغ .

٠٢ يتكون الهيكل المحوري من : .... و .... و ....

٠٣ مفصل الكرة والحق هو من المفاصل ....

٠٤ يتكون الساعد من عظمتين هما : .... و ....

٠٥ تتكون الساق من عظمتين هما : .... و ....

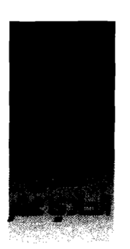
٠٦ عظم اللوح هو من العظام ....

٧. أسئلة للمراجعة

١. اذكر وظائف الجهاز الهيكلي والعظام .

٢. ميز بين أجزاء الجهاز الهيكلي المحوري والطرفي .

٣. صف الأنواع الرئيسة للمفاصل .



جهاز الغدد الصماء

Endocrine System

المحتويات

١٠. البنكرياس
١١. الغشاء المبطن للمعدة والأمعاء
١٢. الكليتان
١٣. الخلاصة
١٤. أسئلة للتقويم الذاتي
١٥. أسئلة للمراجعة

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادرا على أن :

١٠ تعدد الغدد الصماء وتحدد موقع كل منها .

٢٠ تحدد مصادر أخرى للهرمونات غير الغدد الصماء .

٣٠ تفسر الأسباب المؤدية إلى حدوث خلل في الغدد الصماء .

٤٠ تعطي أمثلة على هرمونات مشتقة من الأحماض الأمينية والأحماض الدهنية ، وأمثلة لهرمونات ببتيدية ، وبروتينات ، وسيترويد .

٥٠ تلخص تنظيم إفراز هرمون بآليات التغذية الراجعة السالبة .

٦٠ ترسم أشكالا توضح تنظيم إفراز كل هرمون من : هرمون الثيروكسين ، الاتزان الداخلي للكالسيوم ، الاتزان الداخلي للجلوكوز .

٧٠ تفسر لماذا تعتبر غدة تحت السرير البصري حلقة الوصل بين جهاز الغدد الصماء والجهاز العصبي ، وتصف الآليات التي تؤثر فيها على الفصين الأمامي والخلفي للغدة النخامية .

٨٠ تصف أعمال هرمون النمو وهرمونات الغدة الدرقية في تعزيز النمو ، وتفسر نتائج نقص الإفراز وزيادته لهذه الهرمونات .

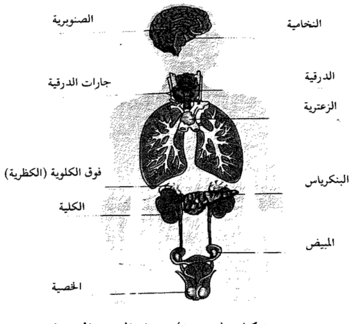
٩٠ تقارن أعمال الإنسولين والجلوكاجون في تنظيم تركيز الجلوكوز في الدم .

١٠٠ تصف أدوار نخاع الغدة الكظرية وقشرتها ليصبح الجسم قادرا على التعامل مع الضغط ، مع الرسم .

يعمل جهاز الغدد الصماء مع الجهاز العصبي على المحافظة على وضع ثابت للجسم . وتقع عمليات الأيض والنمو والتكاثر تحت ضبط هرموني . حيث تلعب الهرمونات دوراً عظيم الأهمية في تنظيم تركيز كل من الجلوكوز ، والصوديوم ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم ، والماء في الدم ، والسوائل بين الخلوية . وجهاز الغدد الصماء ضروري أيضا ليساعد الجسم على التغلب على الصعوبات .

والغدة الصماء (endocrine gland) هي غدة لاقنوية تنتج هرمونا معينا أو أكثر وتفرزه . وتتميز الغدة الصماء عن الغدد خارجية الإفراز (exocrine glands) ، مثل الغدد العرقية ، والغدد اللعابية ، التي تصب إفرازاتها في قنوات لتنتقل إلى سطح أو تجويف في الجسم .

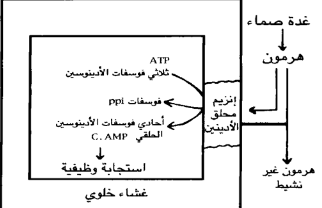
والهرمون مرسال كيميائي تفرزه غدة صماء ، وينتقل في الدم إلى أنسجة أخرى ، حيث تحفز تغير في بعض الأنشطة الأيضية . والنسيج الذي يتأثر في هرمون معين يعرف بأنه نسيج مستهدف لذلك الهرمون . والشكل (١١-١) يوضح موقع الغدد الصماء في جسم الإنسان .



شكل (١١-١) جهاز الغدد الصماء

والهرمونات مؤثرة في تركيزات قليلة جدا ، لكنها تبقى ثابتة ومتوازنة ، ويؤدي أي نقصان أو زيادة في إفرازها إلى اضطرابات فسيولوجية ، ويحتاج كثير من الهرمونات إلى مرسال ثان داخل الخلية المستهدفة ، وهذا المرسال هو أحادي فوسفات الأدنين الحلقي (cyclic AMP) ، حيث ينشط الهرمون إنزيم محلق الأدنيل(adenyl cylase) الموجود في غشاء الخلية ، ويعمل هذا على تحويل ثلاثي فوسفات الأدينوسين (ATP) إلى أحادي فوسفات الأدينوسين الحلقي ، كما هو مبين في الشكل (١١-٢) .

ثم يقوم أحادي فوسفات الأدينوسين الحلقي بتنفيذ الاستجابة في الخلية المستهدفة .



شكل (١١-٢) تأثير الهرمون على الخلية الهدف بوساطة المرسال الثاني أحادي فوسفات الأدينوسين الحلقي

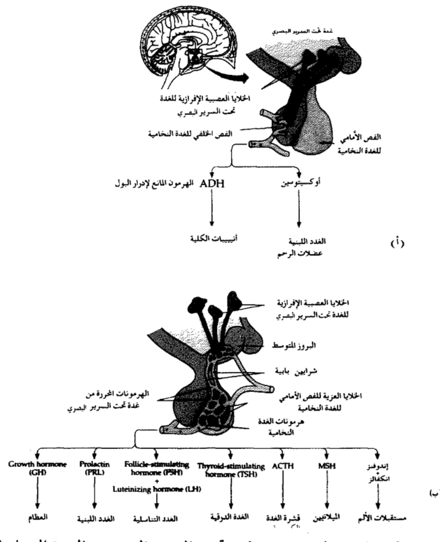
٠١ الخلل في الغدد الصماء

عند إصابة غدة صماء بخلل أو مرض ، يصبح معدل الافراز غير طبيعي ، فإذا نقص الإفراز (hyposercretion) ، تحرم الخلايا المستهدفة من الإثارة التي تحتاجها ، أما إذا زاد الإفراز (hypersecretion) . تصبح الخلايا المستهدفة فوق الإثارة (overstimulated) . وهناك أنواع أخرى من الخلل يحدث للغدد الصماء ، ليس بسبب الإفراز غير الطبيعي للهرمونات ، لكن لأن الخلايا قد لا تكون قادرة على أخذ الهرمونات واستخدامها ، رغم أن كمية الهرمون التي تفرزها الغدة ملائمة ، ويعزى

السبب في هذا ، إما إلى وجود عدد قليل جدا من المستقبلات ، أو أن هذه المستقبلات لا تعمل بصورة مناسبة . وأي من هذه الأمور غير الطبيعية يؤدي إلى قصور أيضي غير متوقع وأعراض سريرية .

٢. غدة تحت السرير البصري The Hypothalamus Gland

تلعب غدة تحت السرير البصري دورا مهما في تكامل جهازي الغدد الصماء والعصبي ، وهي حلقة الوصل بينهما شكل (١١-٣) .



شكل (١١-٣) هرمونات غدة تحت السرير البصري والغدة النخامية

وتنتج غدة تحت السرير البصري الهرمون المانع لإدرار البول (antindiuretic hormonc (ADH)) وهرمون الأوكسيتوسين ، اللذين يمران أسفل محاور الأعصاب إلى الفص الخلفي للغدة النخامية (شكل ١١-٤) . وتبقى هذه الإفرازات العصبية مخزونة في قمم المحاور في الفص الخلفي للغدة النخامية حتى تثار الأعصاب . بعدها تتحرر الهرمونات من الفص الخلفي للغدة النخامية إلى الدورة الدموية . وخلايا غدة تحت السرير البصري التي تفرز الهرمون هي خلايا عصبية متخصصة ، وتختلف عن الخلايا المفرزة للغدة الصماء ، كما تختلف عن الخلايا العصبية الأخرى . وهذه الخلايا تصنع الهرمون وتفرزه ، كما أنها تنقل النبضات العصبية ؛ ولذلك تسمى خلايا عصبية إفرازية (neurosecretory cells) . وتستقبل خلايا غدة تحت السرير البصري هذه إشارات من خلايا عصبية ، ولكنها بدلا من إرسال الإشارات إلى خلية عصبية أو عضلية مجاورة ، فإنها ترسل هرمونات إلى مجرى الدم .

وتحتوي غدة تحت السرير البصري مجموعتين من خلايا إفرازية عصبية ، إحداهما تنتج هرمونات الفص الخلفي للغدة النخامية ، وتنتج الأخرى عوامل محررة (releasing factors) تنظم الفص الأمامي للغدة النخامية شكل (١١-٣) .

٠٣ الغدة النخامية The Pituitary Gland

تقع الغدة النخامية في أرض الدماغ ، وتحاط بعظام . ورغم أن حجم الغدة النخامية فقط بحجم حبة البازيلاء ، إلا أنها عضو مميز ؛ لأن معظم هرموناتها تنظم أعمال الغدد الصماء الأخرى ؛ ولهذا تسمى سيدة الغدد الصماء . وللغدة النخامية فصان ، لكل منهما عمل مختلف . الفص الخلفي أو الغدة النخامية العصبية (neurohypophysis) ، وينمو من أرض الدماغ على امتداد السرير البصري ، ويخزن هرمونين ببتيديين ويفرزهما ، وهما يعملان مباشرة على العضلات والكليتين أكثر من تأثيرهما في الغدد الصماء الأخرى .

والفص الأمامي من الغدة النخامية أو الغدة النخامية الغدية (adenohypophysis) وهو مشتق في الجنين من سقف الحلق تنتج هرمونات خاصة به ، معظمها هرمونات مؤثرة في غدد صماء أخرى (tropic hormones) وتتلقى

الغدة النخامية معلومات من الأعصاب الطرفية ومن الأجزاء الأخرى من الدماغ .

(والجدول ١١-١) يلخص أسماء وأعمال هرمونات الغدد الصماء الرئيسة.

جدول (١١-١) الغدد الصماء الرئيسة وهرموناتها

اسم الغدة	اسم الهرمون	التركيب الكيميائي	الوظيفة الممثلة
النخامية			
) الفص الخلفي	٠١ الأكسيتوسين	ببتيد	يحفز انقباض عضلات الرحم وخلايا الغدد اللبنية .
(يحرر الهرمونات التي تنتجها غدة تحت السرير البصري)	٠٢ الهرمون المانع لإدرار البول (ADH)	ببتيد	يعزز إعادة امتصاص الماء في الكلية .
ب) الفص الأمامي	٠١ هرمون النمو (GH)	بروتين	يحفز النمو العام وبخاصة الهيكل العظمي ، ويؤثر في عمليات الأيض .
	٠٢ الهرمون المفرز للحليب (PRL)	بروتين	يحفز إنتاج الحليب وإفرازه .
	٠٣ الهرمون المحفز للحويصلة (FSH)	جليكوبروتين	يحفز تكوين الحويصلات المبيضية والحيوانات المنوية .
	٠٤ الهرمون المنشط للجسم الأصفر (LH)	جليكوبروتين	يحفز تكوين الجسم الأصفر وعملية الإباضة في الإناث ، ويحفز تكوين الخلايا البينية في الذكور .
	٠٥ الهرمون المحفز للدرقية (TSH)	جليكوبروتين	يحفز الغدة الدرقية على إفراز الهرمونات .
	٠٦ الهرمون المنشط لقشرة الغدة الكظرية (ACTH)	ببتيد	يحفز قشرة الغدة الدرقية على إفراز جلوكوكورتيدات
* الدرقية	٠١ الثيرونين ثلاثي اليود والثيروكسين	يود يحتوي أحماضاً أمينية	يزيد من استهلاك الأكسجين وانتاج الحرارة ، ويحفز عمليات الأيض ويحافظ عليها .
	٠٢ كالسيتونين	ببتيد	يخفض مستويات الكالسيوم في الدم بتثبيط تحرير الكالسيوم من العظام .
* الجار درقية	هرمون الجاردرقي (PTH)	ببتيد	يرفع مستويات الكالسيوم في البلازما بتحفيز تحرير الكالسيوم من العظام .

اسم الغدة	اسم الهرمون	التركيب الكيميائي	الوظيفة الممثلة
البنكرياس	١٠الإنسولين	بروتين	يخفض مستوى سكر الدم ، يزيد تخزين الجليكوجين في الكبد ، يحفز تصنيع البروتين .
	٢٠الجلوكاجون	ببتيد	يحفز تكسير الجليكوجين في الكبد .
الغدتان الكظريتان أ) النخاع	١٠الايبينفرين (الأدرينالين)	حامض أميني محوّر	يزيد مستوى سكر الدم ، يضيق الأوعية الدموية في الجلد والكليتين .
	٢٠النورايبينفرين (النورأدرينالين)	حامض أميني محوّر	يزيد نبضات القلب ، يضيق الاوعية الدموية في الجسم .
ب) القشرة	١٠جلوكوكورتيكويدات (مثال كورتيزول)	ستيرويدات	يزيد مستوى سكر الدم بالتأثير في عدة أوجه في أيض الكربوهيدرات .
	٢٠كورتيكويد معدني مثال(ألدوستيرون)	ستيرويدات	يعزز إعادة امتصاص الكالسيوم في الكليتين وطرح البوتاسيوم منها .
* التناسلية أ) الخصيتان	أندروجينات (مثال تستوستيرون)	ستيرويدات	يساعد على تكون الحيوانات المنوية ، وينمي ظهور الصفات الجنسية الذكرية الثانوية ويحافظ عليها .
ب) المبيض ١٠ الحويصلة	الاستروجينات	ستيرويدات	يبدأ تكوين بطانة الرحم وينمي ظهور الصفات الجنسية الأنثوية الثانوية ويحافظ عليها .
٢٠ الجسم الأصفر	البروجستيرون والاستروجينات	ستيرويدات	يعزز استمرار نمو بطانة الرحم .
* الصنوبرية	الميلاتونين	حامض أميني محوّر	له علاقة بتوازن النشاطات البيولوجية التي تحدث يومياً .
* الزعترية	الثايموسين	ببتيد	يحفز نمو كريات T الليمفاوية

٣-١- الفص الخلفي للغدة النخامية

خلايا عصبية إفرازية في غدة تحت السرير البصري تصنع هرمون الأوكسيتوسين (oxytosin) والهرمون المانع لإدرار البول (ADH) ، وهي هرمونات ببتيدية تنقل أسفل المحاور إلى الفص الخلفي للغدة النخامية حيث تخزن هناك . وتحرر الغدة النخامية الهرمونات إلى الدم ، حيث تدور وترتبط مع الخلايا المستهدفة في الكليتين (ADH) وفي الغدد اللبنية والرحم (هرمون الأوكسيتوسين) .

٣. ٢- الفص الأمامي للغدة النخامية

الخلايا الغدية في الفص الأمامي للغدة النخامية تصنع عدداً من الهرمونات الببتيدية وتفرزها في الدم ، لكن ضبط تحرير هذه الهرمونات يتم بوساطة غدة تحت السرير البصري . وتفرز الخلايا العصبية الإفرازية في غدة تحت السرير البصري عوامل محررة في شبكة شعيرات دموية موجودة في البروز المتوسط (median eminence) ، وتقع فوق ساق الغدة النخامية . ويحتوي الدم العوامل المحررة ، وهذه تنتقل من البروز المتوسط خلال شرايين بابية (portal veins) قصيرة ومن ثم إلى شبكة شعيرات دموية ثانية في الفص الأمامي للغدة النخامية ، وعدة عوامل محررة تحفز أو تثبط تحرر هرمونات محددة بوساطة خلايا الغدة النخامية .

٣-٣- هرمونات الفص الخلفي للغدة النخامية

يخزن الفص الخلفي للغدة النخامية ويفرز هرمونين هما : هرمون الأوكسيتوسين والهرمون المانع لإدرار البول شكل (١١-٣) . وهما ببتيدان صغيران مكونان من تسعة أحماض أمينية ، اثنان منها فقط يختلفان بين هرمون الأوكسيتوسين والهرمون المانع لإدرار البول . ويُصنّع هذان الهرمونان أجسام الخلايا العصبية الإفرازية في غدة تحت السرير البصري ، وينتقل الهرمونان إلى الفص الخلفي للغدة النخامية بوساطة محاور الخلايا التي تصنعها . ويحفز الأوكسيتوسين انقباضات عضلات الرحم في أثناء الولادة ؛ لطرد ما يحتويه الرحم من الأغشية ، والأعضاء المرافقة للجنين ، وغالبا ما يستخدمه الأطباء للإسراع في عملية الولادة . كما يحفز اندفاع الحليب من ثدي الأم وقت الرضاعة . ويعمل الهرمون المانع لإدرار البول على الكليتين ، فيسبب نقص

كمية البول الأولى ، ويعمل على إعادة امتصاص الماء ؛ مما يقلل حجمه . والهرمون المانع لإدرار البول جزء من برنامج تغذية راجعة معقدة ، تساعد على تنظيم الضغط الأسموزي للدم (osmolarity) . ونوضح فيما يأتي كيف تسهم الهرمونات في الاتزان الداخلي (homeostassis) وكيف تعمل التغذية الراجعة على ضبط مستويات الهرمون المانع لإدرار البول . ويتم ضبط الضغط الأسموزي للدم بوساطة مجموعة من خلايا عصبية تعمل كمستقبلات أسمزة (osmoreceptors) في غدة تحت السرير البصري . وعندما يزداد الضغط الأسموزي للبلازما ، فإن هذه الخلايا العصبية تنقل النبضات العصبية إلى خلايا عصبية مفرزة محددة موجودة في غدة تحت السرير البصري ، وتتم الاستجابة لها بإفراز الهرمون المانع لإدرار البول من قممها (موجودة في الفص الخلفي للغدة النخامية) في الدم . وعند وصوله إلى الكليتين ، يرتبط بمستقبلات على سطح الخلايا المبطنة للقناة الجامعة . ويزيد هذا الارتباط من نفاذية الغشاء الطلائي للقناة الجامعة بوساطة الأدنين أحادي الفوسفات الحلقي (cAMP) ، جهاز المرسال الثاني .

ونتيجة لهذه الزيادة في النفاذية ، يخرج الماء من القنوات الجامعة إلى الشعيرات الدموية القريبة ، مسببا انخفاض الضغط الأسموزي للدم . وتستجيب غدة تحت السرير البصري إلى هذا الانخفاض بتقليل إفراز الهرمون المانع لإدرار البول . وعليه فإن تأثير الهرمون – إعادة الامتصاص بوساطة الكليتين – يمنع زيادة التعويض ؛ وذلك بإيقاف إفراز الهرمون ؛ ولهذا تسمى هذه حلقة التغذية الراجعة السالبة .

٣-٤- هرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية

ينتج الفص الأمامي للغدة النخامية عددا من الهرمونات البروتينية والببتيدية شكل (١١-٣) ، أربعة منها تؤثر في غدد صماء أخرى ، لتحفزها على تصنيع هرمونات وتحريرها . ومن الهرمونات التي يفرزها الفص الأمامي للغدة النخامية الهرمون المحفز للغدة الدرقية (TSH) (thyroid - stimulating hormone) ، ينظم إفراز هرمونات الغدة الدرقية ، والهرمون المنشط لقشرة الغدة الكظرية (فوق الكلوية) (ACTH) (adrenocorticotropin) ، يضبط هرمونات قشرة الغدة الكظرية ، والهرمون المنشط للحوصلة (FSH) (follicle stimulating hormone) ، والهرمون

المنشط للجسم الأصفر (lutenizing hormone) (LH) ، يسيطر على عمليات التكاثر بوساطة عمله على الغدد التناسلية (gonads) ، وهرمون النمو (growth hormone) (GH) ، والهرمون المفرز للحليب (prolactin hormone) (PRLH) ، والهرمون المحفز لصبغة الميلانين (melanocyte stimulating hormone) (MSH) ، وهرمون الإندروفنز (endorphins) وهرمون إنكفالنز (enkephalins) .

أ) هرمون النمو Growth Hormone

بروتين يتكون من نحو (٢٠٠) حامض أميني ، يؤثر في عدد كبير من الأنسجة المستهدفة ، وهو يساعد على النمو بصورة مباشرة ، كما يحفز إنتاج عوامل نمو أخرى . مثل تحفيز نمو العظام والغضاريف ، حيث يتم إرسال إشارات هرمونية إلى الكبد ؛ لإنتاج هرمونات تسمى سوماتو ميدنز (somatomedins) ، التي تدور في بلازما الدم وتحفز مباشرة نمو العظام والغضروف .

ويرجع سوء النمو إلى الإنتاج غير الطبيعي من هرمون النمو . فالإنتاج الزائد منه في أثناء النمو قد يسبب العملقة (gigantism) ، بينما الإنتاج الزائد منه في الشباب (المراهقة) (adulthood) ، قد يسبب نموا غير طبيعي لعظام اليدين ، والقدمين ، والرأس ، وتسمى هذه حالة شذوذ نمو العظام (acromegaly) . ونقص هرمون النمو في مرحلة الشباب يؤدي إلى القزمنة (dwarfism) ، ويمكن معالجة الأطفال الذين يعانون من نقص هرمون النمو بوساطة هرمون النمو الذي تم عزله من غدد نخامية .

ب) الهرمون المفرز للحليب Prolactin hormone

وهو بروتين شبيه بهرمون النمو ، ويحفز إفراز الحليب من الأنثى بعد الوضع مباشرة .

جـ) الهرمون المنشط لقشرة الغدة الكظرية (ACTH)

يحفز هذا الهرمون إنتاج هرمونات السيترويد في قشرة الغدة الكظرية وإفرازها .

د) عوامل تحت السرير البصري المحررة Hypothalamic releasing factors

تفرز هذه العوامل خلايا عصبية إفرازية في شعيرات دموية في منطقة عند قاعدة السرير البصري تسمى بروزاً متوسطاً (median eminence)(شكل ١١-٣ ب) .

وبخلاف معظم الشرايين التي تدخل الأعضاء ، فإن الوريد الخارج من البروز المتوسط ، لا يرتبط مباشرة بالوريد الأجوف ، لكنها تنقسم لتكون شعيرات دموية أخرى داخل الفص الأمامي للغدة النخامية ، وبهذا فإن عوامل تحت السرير البصري المحررة تدخل مباشرة إلى الغدة التي تقوم بضبطها . ومع أنها تسمى عوامل محررة ، إلا أن بعضها مثبط لإفراز هرمونات من الفص الأمامي للغدة النخامية . ويتم ضبط كل هرمون من هرمونات الفص الأمامي للغدة النخامية بوساطة عامل محرر واحد على الأقل ، ومعظمها له عامل محرر وعامل مثبط للإفراز .

٤ . الغدة الدرقية The Thyroid Gland

أكبر الغدد الصماء حجما ، وتتكون من فصين بيضاويين يربطهما غشاء رقيق ، ويقعان على السطح البطني للقصبة الهوائية ، وهي ناشئة جنينيا من قعر القصبة الهوائية ، وزنها في الإنسان البالغ ما بين ٢٥-٣٥ غراماً شكل (١١-٦) .

وتنتج الغدة الدرقية هرمونين متشابهين تماما ، الثيروكسين (thyroxin) أحد مشتقات الحامض الأميني تايروسين (tyrosin) مضافا إليه اليود ويسمى أيودوثايرونين(iodothyronine) ويحتوي أربع ذرات يود . والهرمون الثاني الثيرونين ثلاثي اليود (triiodothyronine) مشتق الحامض الأميني ثايرونين مضافا إليه اليود ، وهو أنشط بكثير من هرمون الثايروكسين . وتحتوي الغدة الدرقية خلايا هرمونية تفرز هرمون كالسيتونين (calcitonin) ، وهو عديد الببتيد ، ويخفض مستويات الكالسيوم في الدم كجزء من الاتزان الداخلي للكالسيوم .

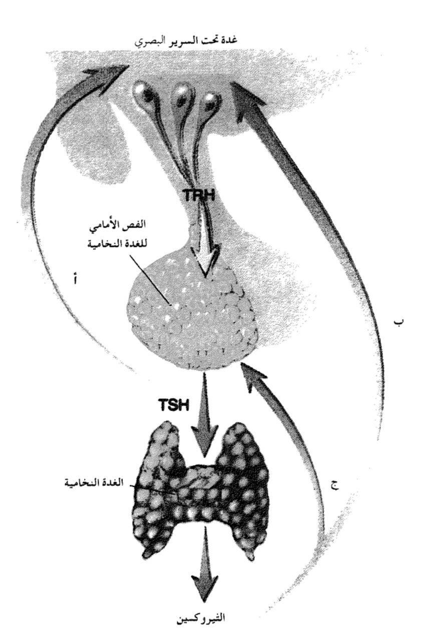
والغدة الدرقية مهمة في النمو ، وفي حالة العجز الوراثي للغدة الدرقية ، يتأخر النضوج الجنسي ونمو القوى العقلية ، وتنخفض سرعة التمثيل الغذائي ، ويضعف نمو الهيكل العظمي ، وتدعى هذه الحالة الكتم (cretinism) ، ويمكن التغلب عليها ولو جزئيا ، إذا عولج المصاب مبكرا بهرمونات الغدة الدرقية .

والغدة الدرقية مهمة أيضا في تنظيم الأيض ، وينتج عن الإفراز الزائد لهرمونات الغدة الدرقية الأعراض الآتية : ارتفاع درجة الحرارة ، وغزارة في العرق ، وهزال ، وتهيج ، وارتفاع ضغط الدم . أما الإنخفاض في إفراز هرمونات الغدة الدرقية فيسبب الأعراض الآتية : زيادة في الوزن وبلادة وعدم تحمل البرد في البالغين ، وهبوط مستوى التمثيل الغذائي ، وتأخر تدريجي في القوى العقلية والتناسلية ، وفي كثير من الأحيان يكون الجلد أملسا وجافا وقليل الشعر ، ودرجة حرارة الجسم أقل من المعدل الطبيعي ، وانخفاض سرعة النبض وضغط الدم ، مما يسبب تعب المصاب بسرعة ، ويبطىء بالكلام ، وتصبح الأظافر هشة سريعة الكسر ، وتدعى هذه الحالة بمرض المكسديما (myxedema) . ويتسبب عن نقص هرمون الغدة الدرقية تضخم الغدة الدرقية (goiter) شكل (١١-٤) ، وسببه نقص كمية اليود في الغذاء أو في ماء الشرب ، لذا يجب أخذ الأطعمة البحرية الغنية باليود مثل السمك والجمبري ، وإضافة كمية من يوديد البوتاسيوم للطعام .



شكل (١١-٤) تضخم الغدة الدرقية

ويتم ضبط إفراز هرمونات الغدة الدرقية بوساطة تحت السرير البصري والغدة النخامية عن طريق حلقة التغذية الراجعة السالبة (شكل ١١-٥) .



شكل (١١-٥) ضبط إفراز هرمون الثيروكسين

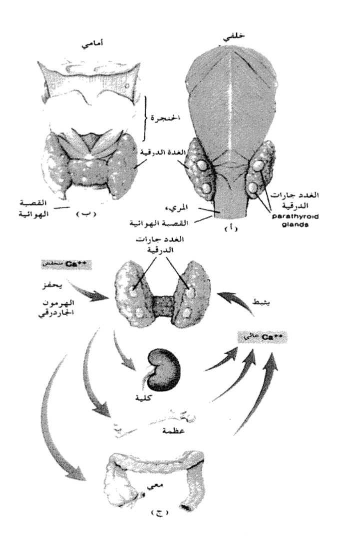
TRH يحفز الفص الأمامي للغدة النخامية ، و TSH يحفز الغدة الدرقية لإفراز الثيروكسين . ويتم ضبط مستوى الثيروكسين في الجسم بوساطة التغذية الراجعة السالبة (أ) مستوى TSH يمارس ضبط تغذية راجعة سالبة على غدة تحت السرير البصري ؛ (ب) مستوى الثيروكسين يمارس ضبط تغذية راجعة على الفص الأمامي للغدة النخامية (ج) مستوى الثيروكسين يمارس ضبط تغذية راجعة على غدة تحت السرير البصري . وفي هذه الطريقة يضبط الثيروكسين إفرازه . كما يتم ضبط مستويات الكورتيزول والهرمون الجنسي في طريقة مشابهة .

وينتج الفص الأمامي للغدة النخامية محفزاً لهرمونات الغدة الدرقية ، (TSH) ، وعندما يرتبط TSH مع مستقبلاته في الغدة الدرقية ، فإنه يصنع الأدينوسين أحادي الفوسفات الحلقي (cAMP) داخل الخلايا المستهدفة ، منبها تصنيع هرمونات الغدة الدرقية وتحريرها ، وإفراز TSH نفسه يتم ضبطه بوساطة الهرمون المحرر ل TSH أو TRH من تحت السرير البصري . ويتم توازن النظام عن طريق التغذية الراجعة السالبة ، ومع المستويات المرتفعة لمثبط الثيروكسين يفرز TSH . وجهاز تحت السرير البصري والغدة النخامية والغدة الدرقية يفسر لماذا يسبب نقص اليود تضخم الغدة الدرقية . ففي غياب اليود الكافي لا تستطيع الغدة الدرقية تصنيع كميات مناسبة من هرموناتها ، وتبقى الغدة النخامية تفرز باستمرار TSH ، مما يؤدي إلى تضخم الغدة الدرقية .

٥٠ الغدد جارات الدرقية The Parathroid Glands

الغدد جارات الدرقية أربع ، تقع على سطح الغدة الدرقية ، كل زوج منها على فص من فصي الغدة الدرقية واحدة فوق الأخرى ، وحجم الواحدة بحجم بذرة العنب شكل (١١-٦أ) .

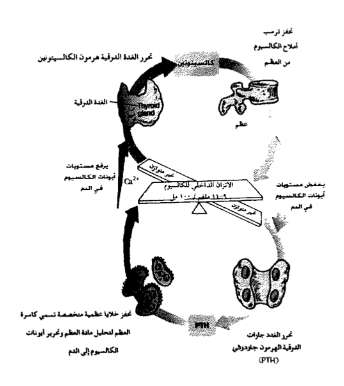
وتعمل الغدد جارات الدرقية على الاتزان الداخلي لأيونات الكالسيوم . وهي تفرز هرمون الجاردرقي (parathyroid hormone) (PTH) ، وهو عبارة عن بروتين وينظم عمليات أيض الكالسيوم والفوسفور في الجسم ، ويعمل على رفع مستويات الكالسيوم في الدم ، وله تأثير معاكس لهرمون الكالسيتونين الذي تفرزه الغدة الدرقية . وهرمون الجاردرقي يعمل على زيادة أيونات الكالسيوم (Ca^{+2}) في الدم بوساطة حفز امتصاص هذه الأيونات في الأمعاء ، وإعادة امتصاصها في الكليتين ، وحفز خلايا عظمية متخصصة تسمى كاسرة العظم (osteoclasts) لتحليل المادة المعدنية للعظام وتحرير أيونات الكالسيوم إلى الدم . ولهرمون الكالسيتونين تاثير مضاد لهرمون الجاردرقي في الأمعاء ، والكليتين ، والعظام ، حيث يقلل أيونات الكالسيوم في الدم .



شكل (١١-٦) (أ) الغدة الدرقية (ب) الغدد جارات الدرقية
(ج) تنظيم إفراز هرمون الجاردرقي

وفيتامين د ، يصنع في الجلد ، ويتحول إلى شكله النشط في عدد من الخلايا ، مهم لعمل هرمون الجاردرقي ، وهو أيضا ضروري لإكمال اتزان الكالسيوم . ويسبب فقدان هرمون الجاردرقي توقف مستويات الكالسيوم في الدم ، مسببا انقباضات تشنجية لعضلات الهيكل العظمي ، وتسمى هذه الحالة التكزز (tetany) ، وهي مميتة . وعملية ضبط الكالسيوم مثال على المحافظة على الاتزان الداخلي بتوازن زوجين متضادين من الهرمونات هما : هرمون الجاردرقي ، وهرمون الكالسيتونين ، بوساطة

جهاز التغذية الراجعة السالبة شكل (١١-٧) ، ويحافظ على تركيز كالسيوم الدم في حدود ضيقة جدا من ٩-١١ ملغم /١٠٠مل . إن ارتفاع أيونات الكالسيوم يحفز الغدة الدرقية على إفراز هرمون كالسيتونين ، الذي يخفض تركيز أيونات الكالسيوم ؛ بزيادة ترسيب العظام ، وتقليل امتصاص أيونات الكالسيوم في الأمعاء ، وإعادة امتصاص أيونات الكالسيوم في الكليتين . وهذه التأثيرات في العظم ، والأمعاء ، والكليتين ، تعكس بوساطة هرمون الجاردرقي ، الذي تفرزه الغدد جارات الدرقية عند انخفاض تركيز أيونات الكالسيوم تحت مستوى ١٠ملغم /١٠٠ مل . تبدأ مستويات أيونات الكالسيوم في الدم بالارتفاع ، لكن مسموح لها بالارتفاع فقط قبل أن تعترض الغدة الدرقية على ذلك ؛ بإفراز هرمون كالسيتونين بكميات أكبر . وفي التغذية الراجعة ، فإن هذين الهرمونان يوازن كل منهما الآخر لتقليل التردد في تركيز أيونات الكالسيوم في الدم ، اللازم لعمل جميع الخلايا بالشكل الطبيعي .

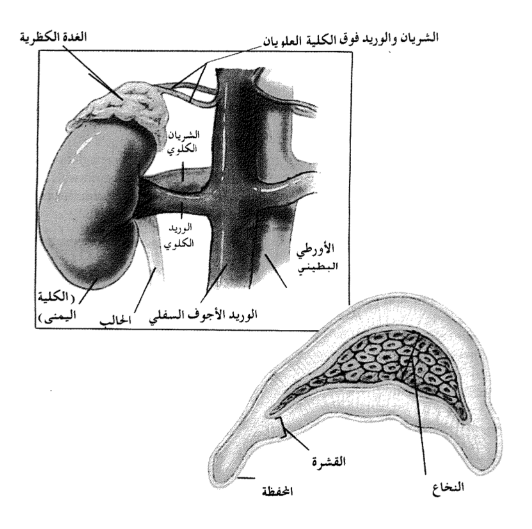


شكل (١١-٧) الضبط الهرموني للاتزان البدني للكالسيوم

٦٠ الغدتان الكظريتان (فوق الكلويتان)

The Adrenal (suprarenal) Glands

تقع كل غدة فوق كلية ، والغدتان بنفس الحجم ، وتشبه حبة الكستناء . وتتكون كل غدة من جزئين رئيسين ، يحتوي كل منهما خلايا مختلفة ، لها وظائف وأصول جنينية مختلفة هما : القشرة (cortex) وهو الجزء الخارجي ، والنخاع (medulla) ، وهو الجزء المركزي من الغدة شكل (١١-٨) .



شكل (١١-٨) الغدتان الكظريتان

٦-١- نخاع الغدة الكظرية Adrenal Gland Medulla

ما الذي يجعل قلبك يدق بصورة سريعة عند إحساسك بالخطر ، أو عندما تكون في وضع مضغوط ، مثل الكلام في جمهور كبير ؟ إن المسؤول عن هذه التفاعلات همـا هرمـونا نخـاع الغـدة الكظرية ، إيبـينفـرين (epinephrine) (ويعـرف أيضـا بالأدرينالين (adrenaline)) ، والنورإيبـينفـرين (norepinephrine) (ويعـرف أيضـا بالنورأدرينالين (noradrenaline) . وهذان المركبان يطلق عليهما اسم كاتيكولامينات (catecholamines) ، ويصنعان من الحامض الأميني تيروسين (tyrosin) .

يوجـد في نخـاع الغـدة الكظرية خـلايا تسـمى كرومـافين (chromaffin) تصنع كاتيلومينات الإيبينفرين والنورإيبينفرين من الحامض الأميني تيروسين . حيث يصنع النورإيبنفرين بإزالة مجموعة الكاربوكسيل وإضافة مجموعات الهيدوكسيل . ويصنع الإيبينفرين من النورإيبينفرين بإضافة مجموعة ميثيل (-CH3) .

شكل (١١-٩) تصنيع هرموني كاتيكولاجين (إيبينفرين أو الأدرنالين ، والنورإيبيفرين أو النورأدرينالين) .

يفرز الإيبينفرين استجابة للضغط الإيجابي والسلبي - كل شيء من زيادة البرد إلى المخاطر التي تهدد الحياة إلى الفرح الزائد . وإفراز الإيبينفرين في الدم ينتج تأثيرات سريعة ودرامية مؤثراً في أهداف عديدة . ويستخدم الإيبينفرين الأدنين أحادي الفوسفات الحلقي (cAMP) كمرسال ثان . (ويحرر الجلوكوز من العضلات الهيكلية وخلايا الكبد ، ويحفز تحرير الأحماض الدهنية من الخلايا الدهنية . ويمكن أن تستخدم الخلايا الأحماض الدهنية مباشرة للطاقة ، أو يمكن أن يحول الكبد هذه الأحماض إلى جلوكوز) . إضافة إلى أهمية الإيبينفرين والنورإيبينفرين في زيادة مصادر الطاقة ، فلهما تأثيرات في الانقباض العضلي . ويؤثر هذان الهرمونان في الأعصاب التي تسيطر على العضلات اللاإرادية مثل عضلة القلب ، وعضلات المعدة والأمعاء . وفي حالات الخوف والطوارئ يزداد إفراز هذين الهرمونين في الدم مما يؤدي إلى اتساع الأوعية الدموية وزيادة ضربات القلب ، وزيادة عدد مرات التنفس لتزويد الدم بكمية كافية من الأكسجين ، واتساع حدقة العين وانخفاض الإحساس بالألم واستعداد العضلات لاستخدام الطاقة بصورة أكبر من المعتاد ، وبذلك يتحول جلايكوجين الكبد إلى جلوكوز ؛ لأن الجسم بحاجة إلى طاقة أكثر من المعتاد ، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجسم والعرق .

وفي حالات الطوارئ تنقبض عضلات الأوعية الدموية المؤدية للأمعاء والمعدة والكليتين ؛ لوجود كميات من الإيبينفرين والنورإيبينفرين ، وهذا يقلل الدم الواصل إلى هذه الأعضاء ، كما يؤخر عملية الهضم ، ولهذا يفضل عدم تناول كميات كبيرة من الطعام في حالة الغضب . وتؤدي حالات الغضب والخوف والقلق المستمرة ، وما يصاحبها من زيادة إفراز الإيبينفرين في الدم إلى أمراض مثل ضغط الدم ، واضطراب عمل القلب ، وقرحة المعدة . ويسبب نقص إفراز الإيبينفرين تعب العضلات والحساسية غير العادية بالبرودة والتردد العقلي ونقص الوزن .

ما الذي يسبب تحرير الإيبينفرين في أثناء الاستجابة للضغط؟ يقع نخاع الغدة الكظرية تحت ضبط خلايا عصبية من القسم الودي (السمبثاوي) للجهاز العصبي الذاتي . فأطراف الأعصاب من الجهاز العصبي الذاتي الودي (السمبثاوي) توجد في

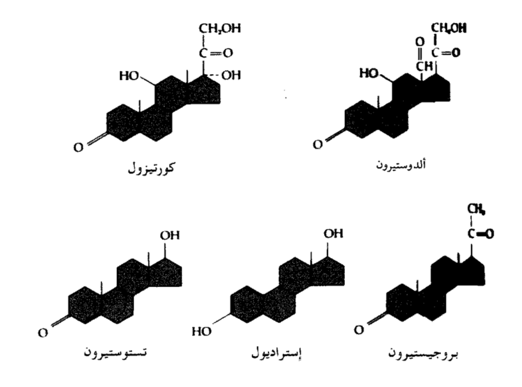
نخاع الغدة الكظرية ملامسة خلايا كرومافين . فعندما تثار الخلايا العصبية بأي شكل من أشكال المثير الضاغط ، تحرر الناقل العصبي (neurotransmitter) أستيل كولين (acetycholine) . ويتحد الأستيل كولين مع المستقبلات في خلايا كرومافين ، محفزة تحرير الإيبينفرين ، وتحرير النورإيبيتفرين لا يعتمد على الإيبينفرين . وعمله إطالة ضغط الدم (sustaining) .

ويعمل كلا من الإيبينفرين والنورإيبينفرين أيضا كناقلان عصبيان في الجهاز العصبي .

٦-٢- قشرة الغدة الكظرية Adrenal Gland Cortex

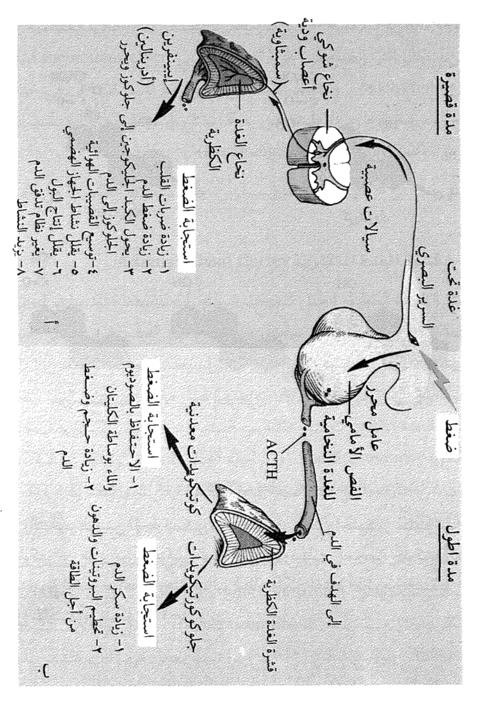
إن قشرة الغدة الكظرية ؛ مثل النخاع ، تستجيب للضغط . لكنها تستجيب لإشارات الغدد الصماء أكثر من استجابتها للمدخلات العصبية . ومحفز الضغط يجعل غدة تحت السرير البصري تفرز عاملا محررا . وهذا بدوره يحفز الفص الأمامي للغدة النخامية لإفراز هرمون ACTH . وعندما يصل هدفه عن طريق الدم ، يحفز خلايا قشرة الغدة الكظرية لتصنيع عائلة من الستيرويدات تسمى ستيرويدات قشرة الغدة الكظرية (corticosteroids) ، وفي حالة أخرى للتغذية الراجعة السالبة ، فإن المستويات المرتفعة لستيرويدات قشرة الغدة الكظرية في الدم يوقف إفراز ACTH شكل (١١-١١) .

وقد تم عزل عدد من ستيرويدات قشرة الغدة الكظرية ، والنوعان الرئيسان هما : جلوكوكورتيكويدات (glucocorticoids) مثل كورتيزول (cortisol) ، والكورتيكويدات المعدنية (mineralocorticoids) ، مثل الألدوستيرون (aldosterone) . ويوضح شكل (١١-١٠) تراكيب بعض هرمونات ستيرويدات قشرة الغدة الكظرية وستيرويدات أخرى .



شكل (١١-١٠) تراكيب بعض هرمونات الستيرويد

والتـأثيـر الرئيس للجلوكـوكـورتيكويد هو في أيض الجلوكـوز . فـهـو يبـدأ تصنيع الجلوكوز من مواد غير كربوهيدراتية ، مثل البروتينات ، مجهزا جلوكوزا أكثر للوقود استجابة لوضع ضاغط . وهذا التاثير أبطأ ، ولكن لفترة أطول من الضغط الناتج عن فعل الإيبينفرين شكل (١١-١١) .



شكل (١١-١١) الضغط والغدة الكظرية

تحفيز الضغط يؤدي إلى أن تنشّط الغدة تحت السرير البصري ، نخاع الغدة الكظرية بوساطة السيالات العصبيةً ، وتنشّط القشرة الكظرية بوساطة إشارات هرمونية (أ)يحدث النخاع استجابات لمدة قصيرة بوساطة إفراز الإيبينفرين . (ب) بينما تضبط القشرة استجابات لمدة أطول بوساطة إفراز هرموناتها الستيرويدية

تستعمل جرعات عالية من جلوكوكورتيكويدات كدواء يوقف مركبات معينة لجهاز المناعة في الجسم - فعلى سبيل المثال ، تفاعلات الالتهاب التي تحدث في مركز الإصابة .و تستخدم الجلوكوكورتيكويدات كعلاج أمراض الالتهاب ، الكورتيزون ، مثلا ، يعتقد أنه حبوب معجزة تشفي حالات التهاب مثل التهاب المفاصل (arthritis) . وأصبح من الواضح ، أن استخدام هرمونات الكورتيكويد تسبب زيادة القابلية للإصابة بالأمراض نتيجة تأثيراتها المقاومة للمناعة .

والنوع الرئيس الثاني لستيرويدات الغدة الكظرية ، الكورتيكويدات المعدنية ، لها تأثيرات رئيسة في اتزان الأملاح والماء . فعلى سبيل المثال ، الالدوستيرون يحفز الخلايا في الكلية لإعادة امتصاص أيونات الصوديوم من الراشح ، وكذلك إعادة امتصاص الماء ، ورفع ضغط الدم . ولا يعتمد ضبط إفراز الألدوستيرون على الغدتين النخامية وتحت السرير البصري ، ولكنها تنظم بهرمونات تنتج في الكبد والكليتين استجابة لتغيرات تركيز الأيون في البلازما .

٠٧ الغدد التناسلية The Gonad Glands

يتم إنتاج الستيرويدات في الخصيتين والمبيض ، وتؤثر في النمو ، وتنظم الدورات التناسلية والسلوك . وتوجد ثلاثة أصناف رئيسة من ستيرويدات الغدد التناسلية . الأندروجينات (androgens) ، والإستروجينات (estrogens) ، والبروجيستينات (progestins) ، وتوجد هذه الاصناف الثلاثة في كل من الذكور والإناث ، ولكن بنسب مختلفة شكل (١١- ١٠) .

وتصنع الخصيتان الأندروجينات بصورة رئيسة ، والهرمون الأساسي فيها هو التستوستيرون (testosterone) . وتحفز الأندروجينات نمو الجهاز التناسلي الذكري وتحافظ عليه . ويتم إنتاج الأندروجينات مبكرا في الجنين محددا أن الجنين سينمو ذكرا أكثر منه أنثى . وعند سن البلوغ (puberty) ، فإن تركيزات عالية من الأندروجينات ضرورية لظهور الصفات الجنسية الذكرية الثانوية ، مثل نمو الشعر وضخامة الصوت .

الإستروجينات ، وأهمها الإستراديول (estradiol) ،ضرورية لنمو الجهاز التناسلي الأنثوي والمحافظة عليه ، وظهور الصفات الجنسية الأنثوية الثانوية . والبروجيستينات مسؤولة بصورة رئيسة عن تحفيز الرحم للحمل والمحافظة عليه ، فهو الذي يدعم نمو الجنين وتطوره .

ويتم ضبط إنتاج كل من الإستروجينات والأندروجينات بوساطة المنشطات المنسلية (gonadotropins) من الفص الأمامي للغدة النخامية - الهرمون المنشط للحوصلة (FSH) ، والهرمون المنشط للجسم الأصفر (LH) . ويتم ضبط إفراز FSH وLH بوساطة عامل محرر واحد من غدة تحت السرير البصري (GRH) .

٠٨ الغدة الزعترية The Thymus Gland

تقع الغدة الزعترية في تجويف الصدر من الأعلى والأمام ، في المنطقة الأمامية السفلية للعنق . وحتى الستينيات لم يكن دورها في جهاز المناعة قد اكتشف بعد . وتتركب هذه الغدة من فصين ، وكل منهما عبارة عن فصوص صغيرة متماسكة ، وكل فص من الفصوص الصغيرة عبارة عن جزء قشرة خارجية ونخاع داخلي مقسم إلى عدة أقسام بنسيج ليفي بين فصوصها الصغيرة، كما يوجد في جزئها النخاعي مجموعات من خلايا مغلقة مرتبة ترتيبا حلقيا خاصة تسمى محافظ هاسال (Hassall's corpuscles) ، وهي عبارة عن بقايا النتوءات الخيشومية التي نشأت منها الغدة الزعترية في أثناء نمو الجنين . وتبلغ الغدة الزعترية أوج نموها في السنة الثالثة من عمر الطفل ، بعدها تبدأ في الضمور حتى إذا ما بلغ الشخص سن المراهقة والبلوغ ، وبدأت الغدد التناسلية بالإفراز كمل ضمورها وتحولت إلى نسيج ليفي . ويؤذن ضمور الغدة الزعترية باستكمال نمو الغدة النخامية وبعض الغدد الأخرى وبخاصة ما يختص بأعضاء التناسل . وإذا تأخر ضمور الغدة الزعترية تأخرت هذه الغدد عن النمو ، أو على الأقل تأخر ظهور تأثيرها أو فعاليتها بشكل محسوس حتى تضمر الغدة الزعترية . ومما يسبب ضمور الغدة الزعترية التعرض إلى ضغوط نفسية . فنجد أن الغدة الزعترية ضامرة في الأشخاص الذين تعرضوا لمرض شديد قبل وفاتهم ، بينما تكون أكبر حجما في الأشخاص الذين ماتوا دون التعرض لمرض . وتفرز الغدة الزعترية عددا من الهرمونات أهمها الثيموسين (thymosin) ، الذي

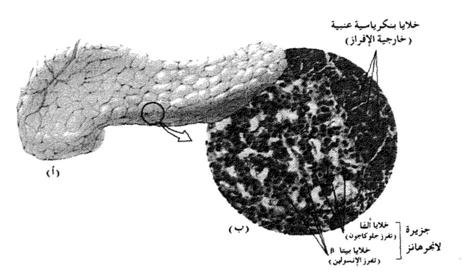
يحفز نمو الكريات الليمفاوية (lymphocytes) وتميزها ، أي أنه يعمل على تنظيم بناء المناعة في الجسم .

٠٩ الغدة الصنوبرية The Pineal Gland

الغدة الصنوبرية : كتلة صغيرة من نسيج قرب مركز الدماغ ، تخرج من سرير المخ ، وتقع في انخفاض خلف التصالب البصري ، يبلغ طولها نحو ٨ مم وعرضها ٤ مم ، وتبلغ أقصى نموها في السابعة من العمر ، وبعدها تبدأ بالضمور . وفي بعض الأحوال تبقى كبيرة الحجم ، ولا يكتمل ضمورها فتسبب سلسلة من الأعراض المرضية المختلفة . ولوحظ أن الغدة الصنوبرية تتضخم بعد إزالة الغدد التناسلية ، مما يدل على وجود علاقة ما بين الغدة الصنوبرية والغدد التناسلية .

٠١٠ البنكرياس The Pancreas

يعمل البنكرياس كغدة قنوية تفرز إنزيمات هاضمة ، ويحتوي أيضا خلايا حبيبية على شكل عناقيد تسمى جزر لانجرهانز (islkets of langerhans) ، وهذه الجزر موزعة في البنكرياس ، وقد قسمت حسب صفاتها الصبغية إلى خلايا ألفا ، وبيتا ، وجاما ، ودلتا شكل (١١-١٢) .



شكل (١١-١٢) (أ) تشريح سطحي للبنكرياس (ب) صورة مجهرية لنسيج مصبوغ من البنكرياس (٧٥ مرة) موضحاً جزر لانجرهانز

تفرز خلايا ألفا هرمون الجلوكاجون ، وتفرز خلايا بيتا هرمون الإنسولين ، وتفرز خلايا دلتا هرمون الجاسترين ، أما خلايا جاما فلم تعرف وظيفتها بعد .

ينظم الإنسولين امتصاص الجلوكوز في خلايا الكبد والأعضاء الأخرى ، وكذلك تصنيع البروتين والدهن ، وقد عرف هذا الهرمون بشكل واسع نتيجة الحالة التي يسببها نقصه في الجسم ، والبحث عن علاج لها ، مما أدى إلى فهم طبيعة هذا الهرمون . وتقوم خلايا بيتا بتصنيعه وإفرازه ، حيث تصنع الإنسولين الأولي (proinsulin) ، الشكل غير النشط للبروتين ، وإزالة جزء من سلسلة عديد الببتيد للإنسولين الأولي ينشطه .

وينبه إفراز الإنسولين من خلايا بيتا بوساطة مستقبلات الجلوكوز على أغشية البلازما ، التي تكتشف زيادة مستويات السكر في الدم . وهرمون الجلوكاجون يمنع عمل هرمون الإنسولين ؛ وذلك بزيادة سكر الدم . ولأن الإنسولين والجلوكاجون يعملان كزوج هرموني متضاد لتنظيم أيض الكربوهيدرات ، فسوف ندرسهما معا شكل (١١-١٢) .

التأثير الرئيس للإنسولين هو خفض مستويات سكر الدم ؛ وذلك بتسهيل امتصاص الجلوكوز في معظم الخلايا ، متضمنة الخلايا الدهنية والعضلية ، وبتشجيع تكوين الجليكوجين وتخزينه في الكبد . إضافة إلى أن الإنسولين يحفز تصنيع البروتين وتخزين الدهن . أما الجلوكاجون فعمله مضاد ، فهو يزيد تركيز الجلوكوز في الدم ؛ وذلك بحفز تحول الجليكوجين إلى جلوكوز في الكبد ، كما يحفز تكسير الدهون والبروتينات .

ومستوى سكر الدم يضبط إفراز كلا من الإنسولين والجلوكاجون . فعندما يرتفع تركيز السكر في الدم ؛ بعد الأكل مباشرة ، تفرز خلايا بيتا في البنكرياس هرمون الإنسولين بكمية أكبر . ويزيد الإنسولين انتقال الجلوكوز من الدم إلى خلايا الجسم ، مؤديا إلى تقليل سكر الدم وإفراز الإنسولين . والإنسولين هو الهرمون الوحيد الذي يخفض مستويات سكر الدم . وعليه فإن غياب الإنسولين في دم الشخص المصاب بالبول السكري (diabetes) ، أي أن امتصاص الخلايا للجلوكوز محدود جدا ، يؤدي

إلى ارتفاع حاد في تركيز الجلوكوز في الدم ، ويفرز الجلوكوز في البول ، وهذا يفسر سبب استخدام وجود السكر في البول ، كاختبار لمرضى البول السكري . وكلما زاد تركيز السكر في البول ، كلما زاد خروج الماء إليه ، مما يسبب الجفاف . وخلايا مريض البول السكري لا تستطيع استخدام الجلوكوز كوقود للطاقة ، لهذا يبدأ جسمه باستخدام مخزونه من البروتين والدهون ، مما يسبب الهزال لمريض البول السكري . وعدم معالجة مرضى البول السكري يؤدي إلى الموت ، لكن يمكن ضبط الحالات الخفيفة بالغذاء . وحقن المصاب بانتظام بالإنسولين يُبقي حالات مرض البول السكري الشديد تحت الضبط .

١١ . الغشاء المبطن للمعدة والأمعاء Gastrointestinal

يقوم الغشاء المبطن للمعدة والأمعاء بإفراز ثمانية هرمونات على الأقل ، منها الهرمونات الآتية :

أ) الجاسترين Gastrin

عند امتلاء المعدة بالطعام ، يفرز جدارها هرمون الجاسترين ، كما أن الغشاء المبطن للأمعاء الدقيقة يفرز هرمون الجاسترين أيضا . والعمل الرئيس لهذا الهرمون هو زيادة الإفرازات الحامضية للمعدة وزيادة إفراز إنزيم البيبسين ، كما يزيد من حركة المعدة . ويعمل العصب المعدي الرئوي التائه (vagus nerve) على تنشيط إفراز الجاسترين وتنشيط المعدة ، ولذلك توجد رابطة عصبية غدية بين العصب المعدي الرئوي وإفراز الجاسترين .

ب) السكرتين Secretin

يفرز غشاء الإثني عشر (duodenal mucosa) هرمون السكرتين ، عندما يُغمر بالحامض أو نواتج هضم المواد البروتينية التي تصله من المعدة . والتأثير الرئيس لهرمون السكرتين يكون في البنكرياس ، إذ ينشط إفراز العصارة البنكرياسية المخففة الغنية بالبيكربونات ، كما يحفز الكبد على صنع مادة الصفراء وإفرازها ، ويحفز أيضا جدار الأمعاء على إفراز عصارتها .

جـ) البنكريوزايمين - الكوليستوكينين (cholecytokinin - pancreozymin)

يفرز الغشاء المبطن للأمعاء هذا الهرمون الذي يحفز إفراز العصارة البنكرياسية الغنية بالإنزيمات الهاضمة ، ويعمل على انقباض الحوصلة المرارية ودفع ما بها إلى الإثني عشر .

د) الانتروجاسترين Enterogastrin

يسبب وصول المواد الدهنية إلى الإثني عشر إفراز هذا الهرمون ، الذي يوقف حركات المعدة وإفراز حاض الهيدروكلوريك .

هـ) الإنتروكرينين (enterocrinin) **والديوكرينين** (duocrinin)

يفرز الغشاء المبطن للأمعاء هذين الهرمونين ، وهما ينشطان غدد الأمعاء الدقيقة لإفراز إنزيماتها .

١٢ . الكليتان Kidneys

إضافة إلى عمل الكليتين الإخراجي وتنظيم توازن الحوامض والقواعد في الجسم ، فإنهما يفرزان الإيريثروبيوتين (erythropoitin) ، الذي يحفز إنتاج كريات الدم الحمراء .

١٣٠ الخلاصة

١٠ الهرمونات مراسيل كيميائية تساعد على تنظيم الاتزان الداخلي للجسم .

٢٠ تفرز الغدد الصماء عدداً من الهرمونات ، وينقل الدم هذه الهرمونات إلى أنسجتها المستهدفة .

٣٠ الهرمونات إما ستيرويدات ، أو بروتينات ، أو مشتقة من أحماض دهنية أو أحماض أمينية .

٤٠ يحدث أحيانا خلل في الغدد الصماء إما نتيجة للإفراز غير الطبيعي للهرمونات ، أو لأن الأنسجة المستهدفة غير قادرة على استقبال الهرمونات واستخدامها .

٥٠ ترتبط هرمونات معينة مع مستقبلات خاصة في خلايا الأنسجة المستهدفة .

٥-١- تمر هرمونات الستيرويدات خلال غشاء البلازما للخلية الهدف ، وترتبط بمستقبلات خاصة في السيتوبلازم .

٥-٢- ترتبط عدة هرمونات بروتينية مع مستقبلات في غشاء الخلية المستهدفة ، وتتفاعل مع مرسال ثانٍ مثل الأدنين أحادي الفوسفات الحلقي .

٦٠ ينظم إفراز الهرمون بآليات تغذية راجعة سالبة .

٧٠ غدة تحت السرير البصري حلقة الوصل بين جهاز الغدد الصماء والجهاز العصبي .

٧-١- تنظم غدة تحت السرير البصري الفص الأمامي للغدة النخامية ، بإنتاج هرمونات محررة أو مثبطة تنظم إفراز هرمونات الغدة النخامية .

٧-٢- تنتج غدة تحت السرير البصري الهرمون المانع لإدرار البول (ADH) وهرمون الأوكسيتوسين ، الذي يحررهما الفص الخلفي للغدة النخامية .

٨٠ من بين الهرمونات التي تؤثر في النمو والتطور هي هرمون النمو (GH) الذي يفرزه الفص الأمامي للغدة النخامية ، والهرمونات التي تفرزها الغدة الدرقية .

٨-١- يشجع كل من هرمون النمو ، وهرمونات الغدة الدرقية تصنيع البروتين .

٨-٢- ينتج عن الإفراز الزائد لهرمون النمو خلال الشباب العملقة ، وينتج عن نقص إفرازه خلال الطفولة والبلوغ البلاهة .

٠٩ ينظم تركيز الجلوكوز في الدم بصورة رئيسة الإنسولين والجلوكاجون .

٩-١- يخفض الإنسولين تركيز الجلوكوز في الدم ؛ بتحفيز امتصاص الخلايا له ، وتشجيع تصنيع الجلايكوجين .

٩-٢- يرفع الجلوكاجون تركيز السكر في الدم ؛ بتشجيع تحلل الجلايكوجين وتصنيع الجلوكوز .

٩-٣- تصبح الخلايا في مرضى السكري غير قادرة على استخدام الجلوكوز ، وتستخدم الدهن والبروتين للحصول على الطاقة ؛ مما يسبب الهزال .

٠١٠ يفرز نخاع الغدة الكظرية وقشرتها هرمونات تساعد الجسم على التغلب على الضغط .

١٠-١-يفرز نخاع الغدة الكظرية الإيبينفرين (الأدرينالين) والنورإيبينفرين (نور أدرينالين) اللذان يزيدان معدل ضربات القلب ومعدل الأيض ، وقوة الانقباض العضلي ، بارسال الدم إلى الأعضاء التي تحتاجه وقت الضغط .

١٠-٢- تحرر قشرة الغدة الكظرية الكورتيزول ، الذي يشجع تصنيع الجلايكوجين في الكبد ، حيث ترفع تركيز الجلوكوز ، كما يزود هذا الهرمون الطاقة اللازمة لزيادة نشاطات الأيض التي يحفزها نخاع الغدة الكظرية .

١٤. أسئلة للتقويم الذاتي

اكمل العبارات الآتية بما يناسبها :

١. تسمى الأنسجة التي تتأثر بهرمون معين بـ ....

٢. الخلايا الإفرازيةالعصبية هي خلايا عصبية تفرز ....

٣. يعرف الهرمون بأنه ....

٤. تتحد عدة هرمونات بروتينية مع مستقبلات في ....

٥. ينظم إفراز الهرمون بوساطة آليات ضبط ....

٦. الهرمونات المحررة والمثبطة التي تنظم نشاط الغدة النخامية يفرزها ....

٧. تنتج العملقة عن .... إفراز ....

٨. هرمونات .... تحفز معدل الأيض .

٩. في مرضى السكري يقل استهلاك ....، ويزداد استهلاك .... و ....

١٠. عندما يرتفع تركيز هرمونات الغدة الدرقية في الدم عن المستوي الطبيعي ، فإن .... يتبطء ، ويبطء تحرر ....

اختر الإجابة الأصح من العمود ب لكل وصف في العمود أ ، يمكن استخدام

الاجابة أكثر من مرة واحدة .

العمود أ

١١. يحفز تصنيع البروتين .

١٢. هرمون ستيرويدي .

١٣. يزيد ضربات القلب ، ويرفع ضغط الدم .

١٤. يخفض تركيز الجلوكوز في الدم .

١٥. يساعد الجسم على التعامل مع الضغط فترة طويلة .

١٦. قد يسبب نقص إفرازه خلال الطفولة والبلوغ البلاهة .

١٧. يستخدم طبيا لإزالة الالتهاب .

العمود ب

أ) النورإيبينفريسن (النورأدرينالين)

ب) هرمون النمو

ج) الكورتيزول

د) جلوكاجون

هـ) الإنسولين

١٥٠ أسئلة للمراجعة

١٠ امرأة مصابة بحالة نقص في إفراز الغدة الدرقية ، عولجت بالثيروكسين ، كيف يؤثر هذا العلاج في مستويات الهرمون المحفز لهرمونات الغدة الدرقية (TSH) والهرمون المحرر لـ (TSH) ، (TRH)؟

٢٠ كيف يتم نقل معظم الهرمونات؟ وكيف تميزها خلاياها المستهدفة؟

٣٠ اكتب قائمة بالهرمونات التي تفرزها الغدد الآتية ، مبينا وظائف كل هرمون .

أ) الفص الخلفي للغدة النخامية .

ب) الفص الأمامي للغدة النخامية .

جـ) الدرقية .

د) جزر لانجرهانز

هـ) نخاع الغدة الكظرية .

و) قشرة الغدة الدرقية .

٤٠ فسر كيف تؤثر غدة تحت السرير البصري في نشاط الغدد الصماء .

٥٠ كيف يحفز هرمون النمو وهرمونات الغدة الدرقية النمو؟

٦٠ صف الحالات غير الطبيعية للنمو المرتبطة بكل من إفراز هرمون النمو ، وهرمونات الغدة الدرقية .

٧٠ صف دور كل من الإنسولين والجلوكاجون في تنظيم تركيز الجلوكوز في الدم ، مع الرسم .

٨٠ ما الاضطربات الفسيولوجية المرتبطة بمرض السكري؟

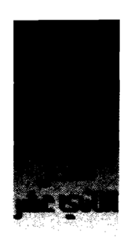
٩٠ كيف تساعد الغدتان الكظريتان الجسم على التعامل مع الضغط؟

١٠. ارسم مخططا يوضح كيف تنظم آليات التغذية الراجعة كل من :

أ) إفراز الثيروكسين .

ب) ضبط الاتزان الداخلي للكالسيوم .

جـ) ضبط الاتزان الداخلي للجلوكوز .



الجهاز التكاثري

Reproductive System

المحتويات



الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن :

١٠ تتبع مرور خلايا الحيوانات المنوية خلال الجهاز التكاثري الذكري من منشئها في الأنيبيبات المنوية حتى خروجها من الجسم مع المني .

٢٠ تتتبع نمو البويضة ومرورها خلال الجهاز التناسلي الأنثوي حتى إخصابها .

٣٠ تكتب أسماء أعضاء الجهاز التكاثري الذكري والأنثوي على شكل مرسوم ، وتحدد وظائف كل عضو .

٤٠ تشرح كيفية إفراز الحليب من ثدي الأم .

٥٠ توضح فوائد رضاعة الوليد من ثدي أمه .

٦٠ تصف تأثير التستوستيرون وهرمونات الغدد التناسلية في الذكر .

٧٠ تصف التنظيم الهرموني لدورة الطمث ، وتحدد وقت الأحداث المهمة للدورة مثل التبويض والطمث .

٨٠ تحدد وظائف الإخصاب ، وتصف العملية .

٩٠ تذكر الأغشية المحيطة بالجنين وأهمية كل منها .

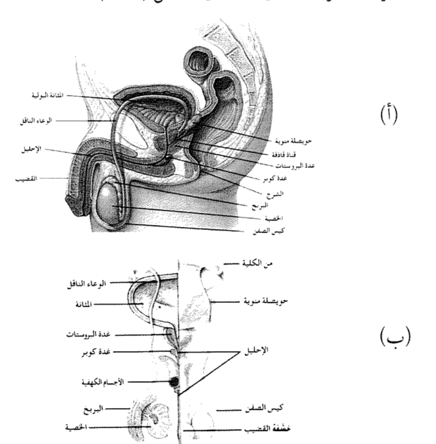
١٠٠ تحدد الأنسجة التي تنشأ في الجنين من كل طبقة من طبقاته الثلاث : الخارجية والوسطى والداخلية .

١١٠ تعرف العقم عند الرجل والمرأة ، وتوضح أسبابها .

تتضمن عمليات التكاثر في الإنسان تكوين الأمشاج (gametes) والتغيرات الدورية في جسم الأنثى للتحضير للإخصاب (fertilization) والحمل (pregnancy) ، وإنتاج الحليب لتغذية الوليد (lactation) . وينظم هذه الأحداث بدقة تفاعل الهرمونات التي يفرزها الفص الأمامي للغدة النخامية والغدد التناسلية .

١ • الجهاز التكاثري الذكري The Male Reproductive System

في الذكر البالغ ، ينتج زوج الغدد التناسلية- الخصيتان (testes) ملايين الحيوانات المنوية يوميا شكل (١٢-١) . والخصية (testis) عضو بيضوي الشكل طوله نحو ٥ سم ، ويحتوي نحو ألف أنيبيب ملتو (seminefrous tubules) يبلغ طولها نحو ١٢٥ متراً . وتتكون كل خصية من ٢٠٠-٣٠٠ فص ، ويتكون كل فص من ٢-٣ أنيبيبات منوية ، ويبطن جدار الأنيبيبات المنوية خلايا أصلية مكونة للمنسليات المنوية تسمى أمهات الحيوانات المنوية (spermatogonia) شكل (١٢-٢) .



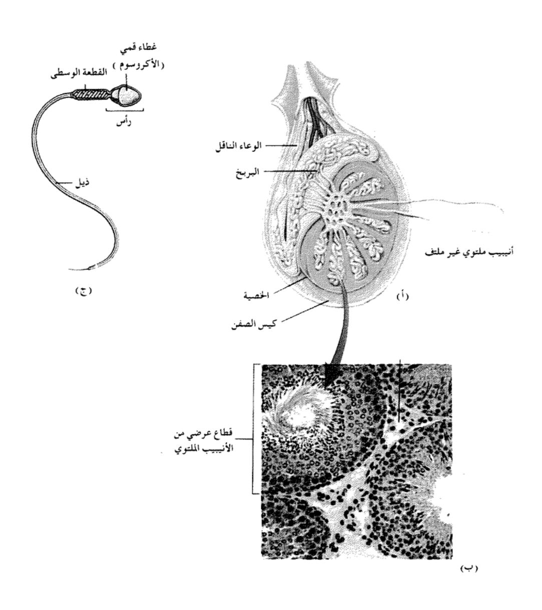
شكل (١٢-١) الجهاز التكاثري الذكري / أ) منظر جانبي ، ب) منظر أمامي

وهناك خلايا سيرتولي (sertoli cells) مجاورة للخلايا المكونة للمنسليات المنوية (أمهات الحيوانات المنوية) ، وتعمل على تزويدها بالغذاء . ويقع بين الأنيبيبات خلايا بينية (interstitial cells) تنتج الهرمون الذكري تستوستيرون .

تنمو الخصيتان في التجويف الظهري للجنين الذكر ، وقبل الولادة بنحو شهرين تهبط في كيس الصفن (scrotum) ، وهو كيس جلدي يتدلى من الإربية (أصل الفخذ) (groin) ، ويحفظ الخصيتين خارج تجويف الجسم للمحافظة على درجة حرارتهما أقل قليلا من درجة حرارة الجسم (نحو ٢°س) ، وهي الدرجة المناسبة لنمو الحيوانات المنوية في الخصية . وهناك عضلات تربط كيس الصفن بالإربية ، وتعمل على انكماشه عند وجود الإنسان في جو بارد ؛ وذلك لتقريب الخصيتين من الجسم وإبقاء درجة حرارة الكيس المحيط بهما مناسباً لنمو الحيوانات المنوية . وتتمدد عضلات كيس الصفن في أثناء الصيف لإبعاد الخصيتين عن الجسم حتى لا ترتفع درجة حرارتهما ، أي أن كيس الصفن يعمل كوحدة تبريد . وفي حالات نادرة لا تنجح الخصيتان بالنزول في كيس الصفن ، وتنحل الأنيبيبات المنوية ، ويصبح الذكر عقيما (sterile) ، ولكن تبقى الخصيتان قادرتان على إفراز الهرمونات الذكرية . ومنطقة الإربية مكان ضعيف في جدار الظهر ، فإذا حدث شد لعضلات الظهر لأي سبب ، قد ينتج عنه تمزق في النسيج الإربي ، وحلقة من الأمعاء ، تبرز من كيس الصفن ، ويسمى هذا فتق إربي (inguinal hernia) .

وتترك الخلايا المنوية الأنيبيبات المنوية في كل خصية خلال أنيبيبات رقيقة تسمى أوعية صادرة (vasa efferentia) ، تمر من كل خصية ؛ لتفرغ محتوياتها في أنبوب واسع يسمى البربخ(epididymis) ، وهو أنبوب ملتو معقد يبلغ طوله نحو ٦ سم ، يكتمل فيه نمو الحيوانات المنوية وتخزن فيه أيضاشكل (١٢-٢) .

وتمر من كل بربخ قناة منوية (sperm duct) تسمى وعاءً ناقلاً أو وارداً (vasa deferentia) ، يمر من كيس الصفن خلال القناة الإربية ومن ثم إلى تجويف الحوض ، ويفرغ كل وعاء محتوياته في قناة قاذفة (ejaculatory duct) قصيرة ، تمر



شكل (١٢-٢) الخصية والحيوان المنوي

(أ) قطاع طولي موضحاً فصيصات تحتوي أنيبيات ملتوية . (ب) صورة مجهرية لقطاع عرضي في أنيبيبات ملتوية . (ج) حيوان منوي ناضج .

خلال غدة البروستاتا (prostate gland) ، وتفتح في الإحليل (urethra) . وينقل الإحليل إما البول أو المني (semen)اللذان يمران خلال القضيب (penis) إلى خارج الجسم .

ويقذف في أثناء الجماع الجنسي نحو ٣,٥ مل من المني ، ويحتوي نحو ٤٠٠ مليون خلية حيوان منوي معلقة في إفراز الغدد الملحقة (accessory glands) . والغدد الملحقة هي : حويصلتان منويتان (seminal vesicles) ، تقعان أسفل المثانة وتفرغان محتوياتهما في الأوعية الناقلة ، ويفرزان سكر الفركتوز كمصدر للطاقة للحيوانات المنوية ، ومادة البروستوجلاندينات (prostoglandins) ، تسبب انقباض عضلات الجهاز التناسلي الأنثوي في أثناء عملية الجماع لتساعد حركة الحيوانات المنوية باتجاه البويضة لتلقيحها .

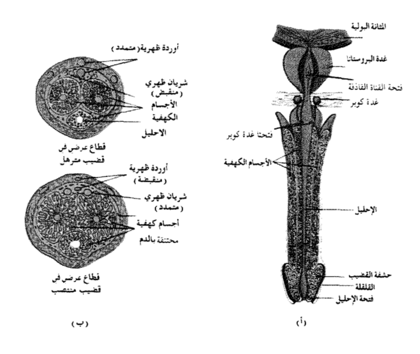
وغدة البروستاتا تحيط بالجزء العلوي من الإحليل ، تفرز سائلاً قلوياً في الإحليل ، وتفرز هذه الغدة في أثناء الإثارة الجنسية بضع نقاط من سائل قلوي لمعادلة حموضة الإحليل .

وغدتا كوبر (cowper's glands) متصلتان بالإحليل أسفل غدة البروستاتا ، تفرزان مادة مخاطية وبضع نقاط من سائل قلوي لترطيب القضيب في أثناء الجماع .

والقضيب عضو جماع انتصابي ، يُدخل الحيوانات المنوية إلى المجرى التكاثري في الأنثى . ويتكون من عمود طويل ، يستطيل ليكون قمة موسعة تسمى حشفة القضيب (glans penis) ، وينطوي جزء من جلد القضيب إلى أسفل ويغطي الجزء المركزي من الحشفة ، مكونا ثنية تسمى قلفة (prepuce) ، وهذه تزال في عملية الطهور (circumcision) شكل (١٢-٣أ) .

وتحت الجلد ، يتكون القضيب من ثلاثة أعمدة متوازية من نسيج انتصابي (erectile tissue) ، تسمى الأجسام الكهفية (covernous bodies) . يحيط أحد هذه الأعمدة بالإحليل .الذي يمر خلال القضيب . ويتكون النسيج الانتصابي من

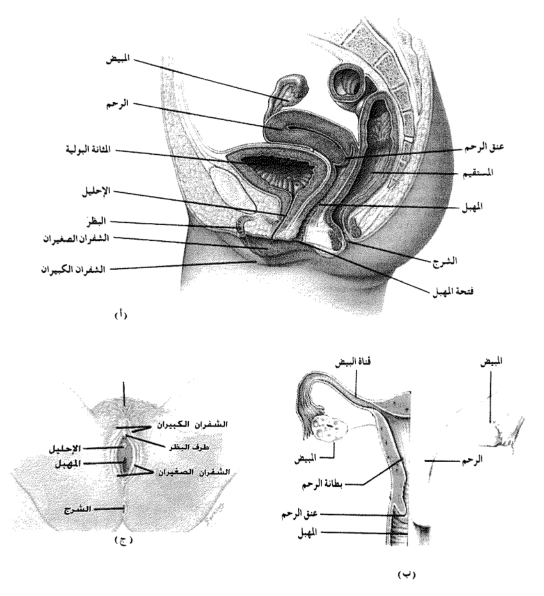
أوعيـة دموية تسـمى تعـرجـات وريدية (venous sinusoids) . فعندما يثار الذكر جنسيا ، فإن النبضات العصبية تسبب اتساع شرايين القضيب ؛ مما يجعل الدم يندفع إلى الأوعية الدموية للنسيج الانتصابي . وحال امتلاء النسيج الانتصابي بالدم فإنه ينتفخ ، ويضغط الأوردة التي تنقل الدم بعيدا عن القضيب ، ويقلل من تدفق الدم الخارج من خلالها . وبذلك يدخل دماً إلى القضيب أكثر من الدم الذي يتركه ؛ ولهذا يصبح النسيج الانتصابي محتقنا بالدم ، مسببا انتصاب القضيب ، أي أنه يصبح أطول ومحيطه أكبر وأصلب شكل (١٢-٣ب) .



شكل (١٢-٣) التشريح الداخلي للقضيب (أ) قطاع طولي خلال غدة البروستاتا والقضيب (ب) قطاع عرضي خلال قضيب مترهل وآخر منتصب .

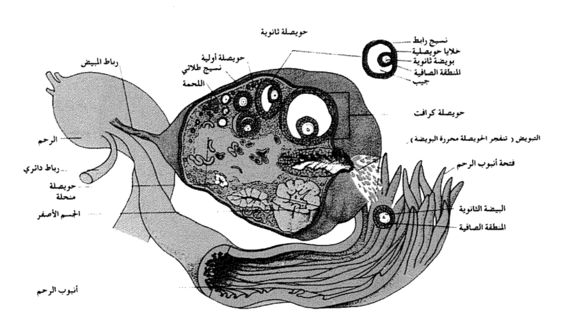
٢٠ الجهاز التكاثري الأنثوي The Female Reproductivel System

تنتج الغدتان التكاثريتان الأنثويتان - المبيضان ، كلا من الأمشاج والهرمونات الأنثوية . ويشبه شكل المبيض حبة اللوز الكبيرة وهو بحجمها الشكل (١٢-٤) .



شكل (١٢-٤) الجهاز التكاثري الأنثوي (أ) منظر جانبي
(ب) منظر أمامي (ج) الأعضاء الخارجية

ويقع المبيضان قرب الجدران الجانبية للحزام الحوضي ، ويتصل كل مبيض بالجدار الظهري للجسم بوساطة عدد من أربطة نسيج ضام تسمى مساريقا المبيض (mesovarium) . ويبطن كل مبيض طبقة واحدة من نسيج طلائي . ويتكون المبيض داخليا بصورة رئيسة من نسيج يسمى اللحمة (stroma) ، تنتشر خلالها البويضات (ovaأو eggs) في مختلف مراحل النضج شكل (١٢-٥) .



شكل (١٢-٥)التركيب المجهري للمبيض ، تنتشر فيه بويضات في مراحل مختلفة من النضج

وتتحرر كل شهر بويضة من أحد المبيضين في تجويف الحوض ، وتسمى هذه العملية الإباضة (ovulation) . وتمر البويضة في فتحة تشبه القمع تسمى أنبوبة فالوب (أو قمع فالوب) (fallopian tube) ، وهي مبطنة بأهداب كثيرة ، ولها زوائد إصبعية . وتساعد انقباضات التحوي للجدار العضلي لأنبوبة فالوب والأهداب في بطانته على حركة البويضة فيها باتجاه إحدى قناتي البيض (oviducts) المتصلتان بالرحم (uterus) ، حيث يحصل الإخصاب في الثلث العلوي منها . وإذا لم يحصل إخصاب تنحل البويضة هناك .

والرحم يشبه الإجاصة وهو بحجم قبضة اليد ، ويقع في مركز تجويف الحوض . وللرحم جـدار سـميك من عـضـلات ملسـاء (myometrium) ، وبطانة (endometrium) مخاطية ؛ تتكون من نسيج ضام وغدد وأوعية دموية ؛ وتزداد هذه البطانة سمكاً كل شهر تحضيرا لاحتمال وقوع حمل . فإذا حدث إخصاب للبويضة فإنها تتحرك إلى الرحم وتنغرس في بطانته وتنمو فيه مكونة الجنين . وإذا لم يحدث إخصاب للبويضة ، تنسلخ بطانة الرحم ، وتخرج خارج الجسم ، وتسمى هذه العملية دورة الطمث (menstruation) .

ويسمى الجزء السفلي من الرحم عنق الرحم (cervix) ويمتد قليلا في المهبل (vagina) ، وعنق الرحم يشيع فيه حدوث السرطان (cancer) .

ويمكن الكشف عن ذلك باختبار بابانيكولاو (Papanicolautest) . حيث تهرس بعض الخلايا من عنق الرحم في أثناء الاختبارات المنظمة ، وتدرس تحت المجهر . ويمكن كشف ٥٠٪ من حالات سرطان عنق الرحم في المراحل المبكرة بهذه الطريقة ، ويمكن معالجتها والشفاء منها .

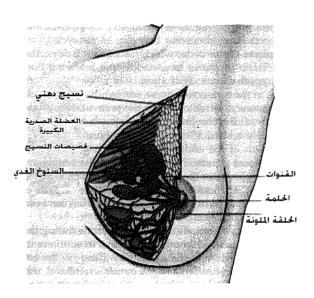
والمهبل أنبوبة عضلية مرنة تمتد من الرحم خارج الجسم ، ويعمل المهبل كوعاء يتلقى الحيوانات المنوية في أثناء الجماع ، وكجزء من قناة الولادة .

وتعرف الأعضاء الجنسية الخارجية في الأنثى بالفرج (vulva) شكل (١٢-٤جـ) ، وتقع في النهاية القصوى للجذع ، إذ يوجد في الجهة الأمامية ارتفاع بسيط مكون من أنسجة دهنية يدعى منطقة العانة (mons pubis) ، وفيه طيتان كبيرتان للجلد مغطيتان بشعر تسميان الشفران الكبيران (labia majora) تمتدان إلى الخلف والأسفل لتحيطان بفتحة المهبل ، ثم تتصلان معا خلف فتحة المهبل . ويوجد داخلهما طيتان من الجلد تخلوان من الشعر وتحيطان بفتحة المهبل في الداخل تسميان الشفران الصغيران (labia minora) ، وعند التقاء الشفرين الصغيرين وفي الجهة الأمامية يوجد عضو صغير بحجم حبة الحمص يسمى البظر (clitoris) ، وهو تركيب انتصابي يماثل القضيب في الذكر ، غني بنهايات عصبية ، ويحتوي نسيجا اسفنجيا يمتلئ بالدم فترة الإثارة الجنسية . ويعمل البظر كمركز للإحساس الجنسي في الأنثى .

وغشاة البكارة (hymen) نسيج رقيق يقفل جزئيا أو كليا فتحة المهبل ، الذي يمزق في أول لقاء جنسي ، أو بسبب التمارين الرياضية العنيفة ، أو ركوب الخيل والدراجات .

الثديان The Breasts

الثديان عضوان تناسليان في الأنثى ، ويحتويان غدداً لبنية ، يعلوان العضلات الصدرية وتلتصق معها بأنسجة ضامة . والأربطة الخيطية من النسيج تسمى أربطة كوبر (ligaments of cooper) ، وتربط الثديان مع الجلد ، ويتكون كل ثدي من ١٥-٢٠ فصاً من أنسجة غدية ، وتنقسم هذه الفصوص إلى فصيصات تتكون من نسيج ضام حيث توجد خلايا غدية . والخلايا الإفرازية تنتظم على شكل عناقيد عنب صغيرة تسمى سنوخاً (alveoli) شكل (١٢-٦) . وتتحد القنوات من كل عنقود لتكون قناة واحدة من كل فص ، وعليه توجد (١٥-٢٠) فتحة دقيقة ، تفتح على سطح كل حلمة (nipple) ، وتحاط كل حلمة بحلقة ملونة (arecla) ، وكمية النسيج الدهني (adipose tissue) حول الفص في النسيج الغدي تحدد حجم الثديين ، ولكن لا علاقة لحجم الثديين بإفراز الحليب (lactation) اللازم لتغذية الطفل .



شكل (١٢-٦) ثدي أنثى بالغة

وفي أثناء الحمل ، تنتج تركيزات عالية من الاستروجينات والبروجسترون بوساطة الجسم الأصفر والمشيمة ، يحفزان الغدد وقنوات الثدي على النمو . ، حسب زيادة حجم الثدي . وتنتج الغدد اللبنية ولمدة يومين بعد الولادة سائلاً يسمى اللّبا (colustrum) ، ويحتوي بروتيناً وسكر الحليب وقليلاً من الدهن وبعد الولادة ، فإن برولاكتين (prolactin) ، الهرمون الذي يفرزه الفص الأمامي للغدة النخامية يحفز إنتاج الحليب ، وعادة بعد الولادة بثلاثة أيام يتم إنتاج الحليب .

وعندما يمص الوليد الثدي ، ينتج عن رد الفعل الانعكاس في الأم تحرر البرولاكتين والأوكسيتوسين من الغدة النخامية ، ويحفز الأوكسيتوسين الخلايا المحيطة بالسنوخ لتنقبض ، وبذلك تنضغط السنوخ . وهذا يدفع الحليب من السنوخ إلى القنوات ، حيث يمكن للطفل أن يمصها .

والرضاعة تحمي الرحم ، لأن الأوكسيتوسين الذي يتحرر خلال الرضاعة يحفز الرحم على الانقباض والرجوع إلى حجمه قبل الحمل . كما للرضاعة فوائد كثيرة ، فهي تقوي العلاقة بين الأم والطفل . وحليب الثدي خاص لحاجات تغذية الوليد ، إضافة إلى أن حليب البقر قد يسبب التهابات . كما أن حليب الأم يمد الطفل بأجسام مضادة ، وهذه تلعب دورا مهما في حمايته من الإسهال ، وحتى إصابات الجهاز التنفسي خلال الأشهر الستة الأولى من عمره .

٠٣ هرمونات الذكر التناسلية The Male Reproductive Hormones

في نحو العاشرة من العمر ، تبدأ غدة تحت السرير البصري بتنظيم الهرمونات الجنسية . حيث تفرز هرمونات تحفز الفص الأمامي للغدة النخامية لإفراز الهرمونات المؤثرة في الغدد التناسلية ، وهي الهرمون المحفز للحويصلة (fallicle- stimulating hormone) (FSH) ، والهرمون المحفز للجسم الأصفر (luteinizing hormone) (LH) ،ويسمى أيضا الهرمون المحفز للخلايا البينية (interstitial cell stimulating hormone) (ICSH) . ويحفز FSH نمو الأنيبيبات المنوية ، وتكوين الحيوانات المنوية . كما يحفز LH الخلايا البينية على إفراز الهرمون الذكري تستوستيرون .

والجدول (١٢-١) يوضح الهرمونات التناسلية الذكرية الرئيسة ووظائفها .

إن هرمون التستوستيرون ضروري للنمو في سن البلوغ (الشباب) ، سن الثالثة عشر تقريباً . ويحفز هذا الهرمون نمو الأعضاء التناسلية الذكرية ، كما هو ضروري لنمو الصفات الذكرية الثانوية في سن البلوغ ، حيث تبدأ اللحية بالنمو ، وشعر العانة بالظهور ، وتزداد الأحبال الصوتية طولاً وسمكاً ، مسببة خشونة الصوت ، كما يحفز النمو العضلي ، فإذا أزيلت الخصيتان - بعملية تسمى الخصي (castration) - قبل البلوغ ، فإن الذكر المخصي (eunuch)لا تنمو صفاته الجنسية الثانوية ، لعدم وجود الهرمونات الذكرية التي تفرزها الخصيتان .

جدول (١٢-١) الهرمونات التناسلية الذكرية الرئيسة ووظائفها

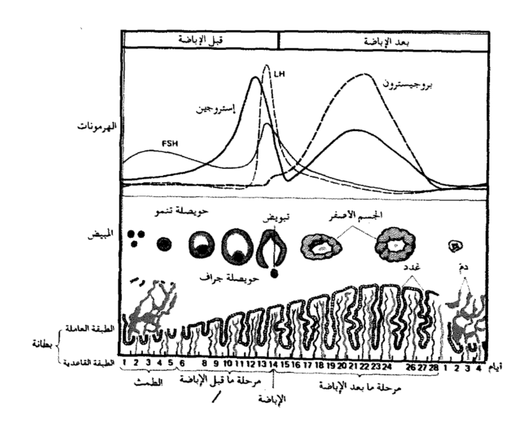
الغدة الصماء	الهرمون	الموقع الرئيس للفعل	الوظائف الرئيسة
الفص الأمامي للغدة النخامية	FSH	الخصيتان	يحفز نمو الأنيبيبات المنوية ، وتكون الحيوانات المنوية .
الفص الأمامي للغدة النخامية	LH أو ICSH	الخصيتان	يحفز الخلايا البينية على إفراز التستوستيرون .
الخصيتان	التستوستيرون	بصورة عامة	- قبل الولادة : يحفز نمو الأعضاء التناسلية الرئيسة ، ونزول الخصيتين في كيس الصفن . - عند سن البلوغ : ضروري للنمو في سن البلوغ . -ويحفز نمو التراكيب التناسلية ، وظهور الصفات الجنسية الثانوية ، وتكون الحيوانات المنوية .

٠٤ الضبط الهرموني لدورة الطمث

Hormonal Control of the Menstrual Cycle

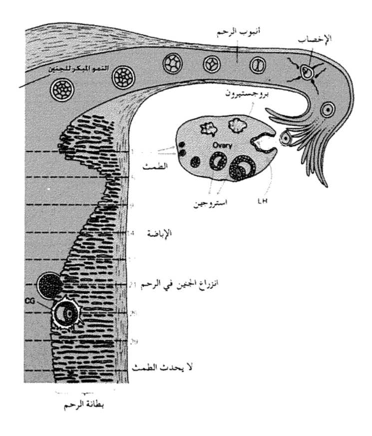
حال وصول الأنثى سن البلوغ ، يفرز الفص الأمامي للغدة النخامية الهرمونات المؤثرة في الغدد التناسلية الأنثوية وهي FSH ، LH ، وهذان الهرمونان يعطيان إشارة إلى المبيضين ليصبحين نشيطين . وينظم التفاعل بين FSH و LH مع الإستروجين والبروجستيرون من المبيضين دورة الطمث شكل (١٢-٧) . وتستمر هذه الدورة من سن البلوغ حتى سن اليأس(menopause) ، الذي يعتبر نهاية الإنجاب عند المرأة .

ومع وجود اختلافات كبيرة في فترة الطمث بين امرأة وأخرى ، إلا أن فترة الدورة المثلى ٢٨ يوما ، وتحدث الإباضة تقريبا في اليوم الرابع عشر من الدورة .



شكل (١٢-٧) دورة الطمث

وخلال مرحلة النزف (الطمث) من دورة الطمث ، التي تستمر نحو خمسة أيام ، تفرز الغدة النخامية FSH ، ويحفز هذا الهرمون بعض الحويصلات لتنمو في المبيض . وحال نمو خلية البويضة ، تنفصل عن خلايا الحويصلة المحيطة بغشاء سميك المنطقة الصافية (zona pellucida) . وتنقسم خلايا الحويصلة نفسها وتنمو . وعند نموها ، تفرز خلاياها سائلا ، يتجمع في تجويف بينها . ويحتوي النسيج الضام من اللحمة (stroma) المحيطة بخلايا الحويصلة ، خلايا تفرز خلال مرحلة ما قبل التبويض من دورة الطمث ، الهرمونات الجنسية ، ستيرويد تسمى إستروجينات (estrogens) (تحتوي ١٨ ذرة كربون) .



شكل (١٢-٨) تتوقف دورة الطمث عند حدوث الحمل . فالجسم الأصفر لا يتحلل ، ودورة الطمث لا تحدث . وعليه يبقى جدار الرحم سميكاً ، حيث يمكن للجنين الانزراع فيه .

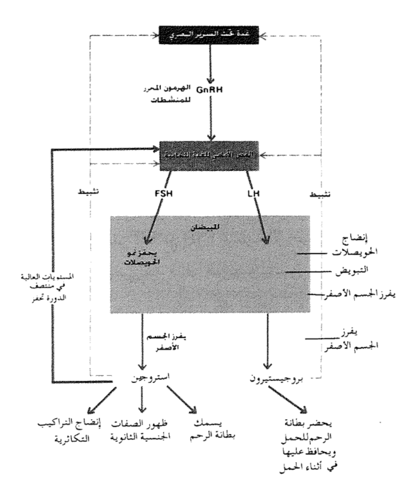
وتتحرك البويضة عند نضج الحويصلة قرب سطح المبيض ، وهي تشبه بثرات مملوءة بالسائل على سطح المبيض . وتسمى الحويصلات الناضجة حويصلات جراف (grafian follicles) . وتنضج في الحالة الطبيعية حويصلة واحدة فقط كل شهر . وقد تنمو حويصلات أخرى لمدة أسبوع ، ولكنها تنحل ، وتبقى في المبيض كحويصلات منحلة (deteriorated follicles) .

ويحفز الإستروجين نمو بطانة الرحم ، وتبدأ بالسمك ، وتنمو فيها أوعية دموية جديدة وغدد ، ويحفز الارتفاع في مستوى الإستروجين الفص الأمامي للغدة النخامية لإفراز LH . ويحفز LH مع FSH عملية الإباضة . ويحفز LH الجزء الباقي من الحويصلة في المبيض بعد قذف البويضة لتنمو ، وتسمى عندها الجسم الأصفر .

والجسم الأصفر (corpus luteum) غدة صماء مؤقتة تنتج كلا من الإستروجين والبروجستيرون خلال مرحلة بعد الإباضة . ويحفز هذان الهرمونان الرحم ليكمل تحضيره للحمل . ويحفز الإستروجين الغدد الصغيرة في بطانة الرحم ليفرز سائلا غنيا بالمواد الغذائية ؛ لتغذية الجنين في مراحله الأولى ، ويصل الجنين إلى الرحم بعد أربعة أيام من إخصاب البويضة شكل (١٢-٩) .

ويبدأ الجنين بالانزراع في بطانة الرحم السميكة في اليوم السابع من إخصاب البويضة . وتفرز الأغشية حول الجنين الهرمون المؤثر في الغشاء الكوريوني (chorionic gonadotropin) (CGH) ، وهذا الهرمون يعطي إشارات للجسم الأصفر للأم للاستمرار في عمله شكل (١٢-٩) .

وإذا لم تلقح البويضة ، يبدأ الجسم الأصفر بالانحلال ، وينخفض تركيز البروجستيرون والإستروجينات في الدم ، وتنقبض الشرايين في بطانة الرحم ، وتنكمش الأنسجة التي تزودها هذه الشرايين بالدم نتيجة لنقص الأكسجين . وعند موت الخلايا وتلفها تنسلخ الشرايين وتنزف ، وتبدأ دورة الطمث مرة ثانية .



شكل (١٢-٩) الهرمونات المنظمة لدورة الطمث تشير الأسهم إلى التثبيط

(والجدول ١٢-٢) يتضمن وظائف هرمونات الغدة النخامية والهرمونات التناسلية من المبيضين ، والإستروجين مسؤول عن نمو الأعضاء التناسلية عند البلوغ ، ونمو الجسم ، وظهور الصفات الجنسية الثانوية في الأنثى ، (وبهذا فإنه يشبه في عمله هرمون التستوستيرون في الذكر) كما تتضمن نمو الثديين ، واتساع الحوض ، وتوزيع العضلات والدهن اللازم لشكل جسم المرأة .

وينتج قليلٌ من هرمون التستوستيرون في الأنثى ، بصورة رئيسة في قشرة الغدة الكظرية . وهذا الهرمون ضروري لنمو شعر العانة والشعر الإضافي في الأنثى .

جدول ([illegible]) الهرمونات [illegible]

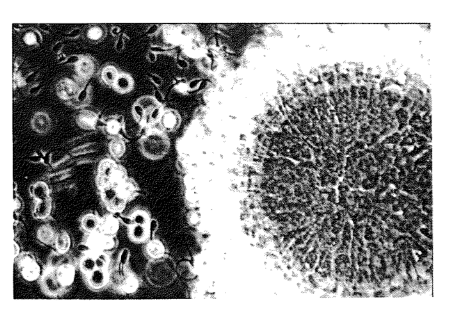
الغدة الصماء	الهرمون	النسيج المستهدف الرئيس	الوظائف الرئيسة
الفص الأمامي للغدة النخامية	FSH	المبيض	يحفز إنضاج الحويصلات ، ومع LH يحفز إفراز الإستروجين والتبويض .
الفص الأمامي للغدة النخامية	LH	المبيض	يحفز التبويض ونمو الجسم الأصفر .
الفص الأمامي للغدة النخامية	برولاكتين	الثديان	يحفز إنتاج الحليب (بعد الرضاعة تحفز بوساطة الإستروجينات والبروجستيرون) .
المبيض	أستروجين	بصورة عامة	نمو الجسم وأعضاء الجنس عند سن البلوغ ، وظهور الصفات الجنسية الثانوية (نمو الثديين ، واتساع الحوض ، وتوزيع الدهن والعضل) .
المبيض	أستروجين	التراكيب التناسلية	النضج ، وتحضير الرحم شهريا للحمل ، وصنع مخاط قاعدي بسمك قليل في عنق الرحم .
المبيض	بروجستيرون	الرحم	يكمل تحضير الرحم للحمل ، ويحافظ على بطانته في أثناء الحمل .
المبيض	بروجستيرون	الثديان	يحفز نمو الغدد اللبنية .

٥ . الإخصاب Fertilization

الإخصاب : هو اتحاد الحيوان المنوي والبويضة لإنتاج اللاقحة (zygot) . وللإخصاب ثلاث وظائف : ١) إعادة العدد المضاعف من الكروموسومات (الأجسام الصبغية) (chromosomes) ،حيث يشارك كلا من الحيوان المنوي والبويضة بنصف الكروموسومات(٢) يحدد الحيوان المنوي جنس الجنين ،(٣) يقدم الإخصاب التحفيز اللازم لبدء النمو .

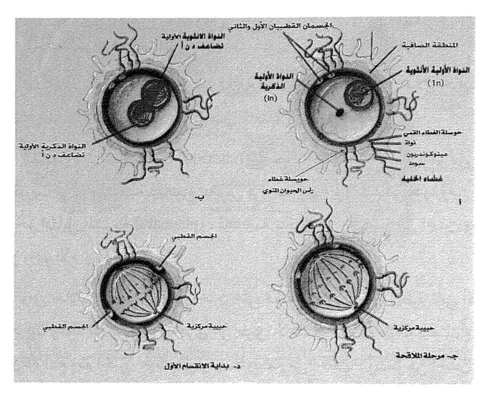
وعندما تكون الظروف ملائمة في المهبل وعنق الرحم ، يبدأ الحيوان المنوي بالتحرك إلى مكان الإخصاب ، وهو الجزء العلوي من قناة البيض ، خلال خمس دقائق بعد قذف الحيوانات المنوية . وتساعد انقباضات كل من الرحم وقناتي البيض على نقل الحيوانات المنوية .

إذا كان حيوان منوي واحد فقط يلزم لإخصاب البويضة ، فلماذا تقذف ملايين الحيوانات المنوية في كل جماع جنسي؟ ومن الأسباب : أن حركة الحيوانات المنوية غير موجهة ، ولذلك يفقد كثيرا منها طريقة . كما أن بعضها يموت لعدم ملاءمة الرقم الهيدروجين (pH) ، أو بسبب التهام الخلايا الأكول لها في المجرى التكاثري للأنثى . فقط آلاف قليلة منها تنجح في المرور في قناة فالوب ، لتصل المنطقة القريبة من البويضة شكل (١٢-١٠) . إضافة إلى أنه من الضروري أن يخترق غطاء خلايا الجريب المحيطة بالخلية ، عدد كبير من الحيوانات المنوية ، حيث يفرز كل حيوان منوي كميات قليلة من الإنزيمات من الغطاء القمي الذي يساعد على تكسير المادة التي تربط خلايا الجريب معا .



شكل (١٢-١٠) صورة مجهر الكتروني لبويضة
محاطة بحيوانات منوية (٦٤ مرة تقريباً)

وحال دخول حيوان منوي إلى البويضة ، يحدث تغيير كهربائي على سطح البويضة يمنع دخول حيوان منوي آخر . ويفقد الحيوان المنوي ذيله عند دخوله البويضة (شكل ١٢-١١) ودخول الحيوان المنوي البويضة يحفزها لإتمام انقسامها المنصف الثاني .



شكل (١٢-١١) الإخصاب (أ) حال دخول الحيوان المنوي البويضة ، (ب) النواة الأولية للحيوان المنوي تصل النواة للبيضة ، (ج) وجود (٢٣) زوجاً من الكروموسومات (د) الخلية الأولى من الكائن الحي الجديد .

ينتفخ رأس الحيوان المنوي ليكون النواة الأولية الذكرية (male pronucleus) ، كما أن نواة البويضة تصبح النواة الأولية الأنثوية (female pronucleus) . بعدها تتحد النواتان الأوليتان ، التي تحتوي الواحدة منهما العدد النصفي من الكروموسومات ، وتتكون نواة تحتوي العدد المضاعف من الكروموسومات وتسمى العملية منذ الإخصاب وتكوين الجنين وحتى الولادة الحمل .

وتبقى الحيوانات المنوية بعد قذفها في مجرى القناة التكاثرية للأنثى حية وقابلة لإخصاب البويضة نحو ٢٤ ساعة ، وكذلك البويضة تبقى قابلة للإخصاب نحو ٢٤ ساعة بعد التبويض ، ويحدث الإخصاب فقط في الأيام الثلاثة من (١٢-١٥) من دورة الطمث المنتظمة جداً .

٠٦ الحمل: pregnancy

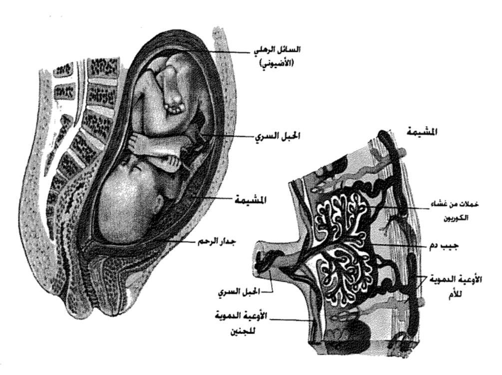
تبدأ عملية الحمل منذ التصاق اللاقحة بجدار الرحم ، وتنمو خلايا خاصة من الجنين فتتكون أربعة أغشية توفر للجنين التغذية والحماية والدعامة .

الغشاء الأول هو الكوريون (chorion) ويحيط بالجنين من الخارج و تنمو من سطح الكوريون زوائد إصبعية صغيرة تنغرس في جدار الرحم فيتشكل منها ومن جدار الرحم المقابل المشيمة (placenta) ، فالمشيمة تتكون بصورة رئيسة من الجنين وجزئيا من رحم الأم .

ومن خلال المشيمة يحصل الجنين على الغذاء اللازم لنموه ، ويطرد ثاني أكسيد الكربون والمواد الإخراجية الأخرى عن طريق الانتشار حيث لا يوجد اتصال مباشر بين دم الأم ودم الجنين ، وتفصل بينهما طبقة من الخلايا . وينمو من الجنين زائدة تمتد إلى المشيمة (رحم الأم) تسمى الحبل السري (umbilical cord) شكل (١٢-١٢) .

ويمر خلاله وريد وشريان ، وهذان يتصلان مع الأوعية الدموية الموجودة في المشيمة . وينمو الجهاز الدوري للجنين بعد نحو شهر من الإخصاب قبل معظم أجزاء الجسم الأخرى .

والغشاء الثاني هو الغشاء الرهلي (amnion) الذي ينمو حول الجنين نفسه ، ويمتلئ بسائل رهلي يسبح فيه الجنين ، ويوفر هذا السائل الرطوبة والحماية للجنين .

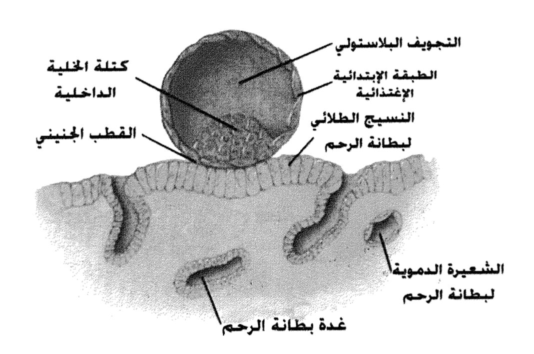


شكل (١٢- ١٢) جنين عمره (٦-٧) شهور تتضح فيه الأغشية

ويتكون في الجنين أيضا غشاءان آخران ، هما كيس المح (yolk sac) ، يحتوي كمية قليلة جدا من المح ، والألنتويز (allantois) الذي ينشأ من قناة الجنين الهضمية ، وهو يتصل بأنسجة الرحم مضيفا أوعية دموية إلى الجزء الكوريوني من المشيمة ، ولا توجد أي أهمية له في جنين الإنسان ، ولا يلبث هذان الغشاءان أن يتلاشيا بعد فترة قصيرة ، وذلك لأن المشيمة تقوم بعملهما .

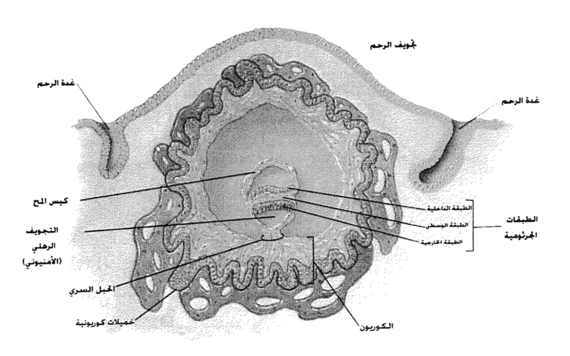
وعند إنبات الجنين في جدار الرحم يكون على شكل جراب مستطيل يسمى الكبسولة البلاستولية (blastocyst) وتجويفها يدعى التجويف البلاستولي (blasto coel) شكل (١٢-١٣) .

ثم تبدأ الخلايا المبطنة للجراب من الداخل تبدو أطول وأرق من تلك التي على السطح الخارجي ، وفي اليوم الثاني عشر بعد التلقيح تكون قد تكونت طبقتان متميزتان من الخلايا ، طبقة داخلية (endoderm) وطبقة خارجية (ectoderm) .



شكل (١٢-١٣) الإنبات في اليوم السادس ،
تزرع الكبسولة البلاستيولية في بطانة الرحم

ثم تظهر طبقة ثالثة وسط هاتين الطبقتين من الطبقة الخارجية تسمى الطبقة الوسطى (mesoderm) . ويكون الجنين في منتصف الاسبوع الثالث مكونا من ثلاث طبقات جرثومية أولية : داخلية ووسطى وخارجية شكل (١٢-١٤) . وسرعان ما تبدأ هذه الطبقات الثلاث من الخلايا في تكوين اعضاء الجنين .



شكل (١٢-١٤) تكون الطبقات الجرثومية الأولية الثلاث ، ونمو المراحل الجنينية قبل الولادة

الطبقة الجرثومية الخارجية : تعتبر منشأ للأنسجة الآتية :

١. بشرة الجلد ، والخلايا المبطنة للغدد التي تفتح فيه ، والشعر ، والأظافر .
٢. الجهاز العصبي كله تقريبا بما في ذلك المخ والنخاع الشوكي والجهاز العصبي الذاتي .
٣. الغدة النخامية
٤. البشرة المخاطية للقرنية والملتحمة والغدد الدمعية والعدسة البلورية والعضلة الإرادية للقزحية .
٥. طبقة البشرة العصبية لأعضاء الحواس .
٦. البشرة المخاطية للأنف وجيوبها الهوائية الجانبية ولسقف الحلق واللثة والوجنة .
٧. الغدد اللعابية .

٠٨ ميناء الأسنان (الطبقة السطحية للأسنان) .

٠٩ الجزء الأخير للقناة الشرجية .

الطبقة الجرثومية الوسطى ، تعتبر منشأ للأنسجة الآتية :

٠١ جميع الأنسجة الخلالية الضامة بما فيها العظام والغضاريف وسائل الدم .

٠٢ الأسنان ما عدا الميناء .

٠٣ عضلات الجسم من إرادية وغير إرادية عدا عضلة القزحية بمقلة العين .

٠٤ الأوعية الدموية والليمفاوية .

٠٥ معظم الجهاز البولي التناسلي ما عدا معظم المثانة وغدة البروستات وقناة مجرى البول جميعها .

٠٦ نخاع الغدة فوق الكلوية (الكظرية) .

٠٧ البطانة المصلية لغشاء التامور والبلورا والبريتون .

الطبقة الجرثومية الداخلية : تعتبر منشأ للأنسجة الآتية :

٠١ البطانة المخاطية للقناة الهضمية ما عدا ما ذكر في الطبقة الخارجية .

٠٢ الخلايا المبطنة لكل الغدد التي تتصل بالقناة الهضمية بما في ذلك الكبد والبنكرياس عدا الغدد اللعابية .

٠٣ بطانة القناة البلعومية السمعية والتجويف السمعي .

٠٤ البطانة المخاطية للغدة الدرقية ، والغدد جارات الدرقية والغدة الثيموسية .

٠٥ البطانة المخاطية للحنجرة والقصبة الهوائية والشعب بما فيها حويصلاتها الهوائية .

٠٦ البطانة المخاطية لمعظم المثانة والجزء الملاصق لها من قناة مجرى البول .

٠٧ البطانة المخاطية لغدة البروستاتا .

وفي نهاية الشهر الثالث للحمل يصبح طول الجنين نحو ثمانية سنتيمترات وقد اكتمل بناء جسمه الأساسي . أما الأشهر الستة الباقية من الحمل فهي مكرسة لنمو الجسم وتهذيبه ، فتظهر بصمات الأصابع ، ويستكمل النسيج الرئوي ليصبح ملائماً

للتنفس ، وتنمو العضلات وتدرب ، وهي الرفصات التي تشعر بها المرأة الحامل .

والجدول (١٢-٣) يوضح أهم مراحل نمو الجنين :

جدول (١٢-٣) أهم مراحل نمو الجنين

الوقت بعد تلقيح البويضة	التطورات المهمة فيها
يومان	تنقسم اللاقحة إلى كرة من الخلايا يمكن رؤيتها بالعين المجردة .
أسبوعان	تحدث عملية إنبات اللاقحة في بطانة الرحم ويظهر كنتوء على جدار الرحم ، وتتميز خلايا الجنين إلى طبقتين داخلية وخارجية . ويبدأ تكون غشاء الرهل ويتكون الحبل السري .
ثلاثة أسابيع	تتكون الطبقة الوسطى . يبدأ النتوء الرأسي (head process) والحبل الظهري (notochord) والصفيحة العصبية (neural platre) والحبل الظهري (notochord) والصفيحة العصبية (neural plate) بالظهور .
أربعة أسابيع	تتميز أجزاء الجسم في طول الجنين نحو ٥ م . وتبدأ القطع العضلية (somites) بالظهور . ويصبح شكل الجسم أسطوانيا . ويكتمل تكون الغشاء الرهلي . وتبدأ الثنيات القلبية (heart primordial) بالنبض .وتبدأ أعضاء الاحساس والبراعم الطرفية والأقواس الخيشومية بالظهور . وتظهر منطقة الذيل .
خمسة أسابيع	يبلغ طول الجنين نحو ١٣م . ويبدأ تكون الفم وتظهر العينان . وتتكون أعضاء الجنس كحواف على الكليتين .
ستة أسابيع	وتتكون الأصابع . ويبدأ الفم يأخذ شكله . ويكاد يزول ذيل الجنين .
ثلاثة شهور	يصبح للجنين مميزات بشرية كثيرة كالأنف والشفتين والصدغين وجفني العين والأذنين .
أربعة شهور	يزداد الجنين بالوزن سريعا ، ويزن نحو ١١٢ جم .
خمسة شهور	يستمر الجنين بالنمو .و تنمو الأطراف جيدا وتشعر الأم الحامل بحركة أطراف الجنين . ويظهر الشعر المؤقت (lanugo) .
نهاية الشهر السادس	تنفتح الحويصلات الهوائية والمنخران . وتظهرالرموش والحواجب .
نهاية الشهر السابع	يدور الجنين ويصبح الرأس فوق المهبل مباشرة .ويبدأ بترسيب الدهن تحت الجلد . ويستطيع فتح جفونه يستطيع العيش إذا ولد في نهاية الشهر السابع .
الشهران الثامن والتاسع	يبلغ وزن الجنين نحو ٣,٢٥ كجم وطوله ٥٠سم . وتظهر الأظافر ، ويسقط الشعر المؤقت .

٠٧ العقم Sterility

الذكر الذي يقل قذف الحيوانات المنوية عنده عن ٢٠ مليون حيوان منوي لكل مل من السائل المنوي يعتبر عقيما . وأسباب العقم في الذكر كثيرة منها : قد يحتوي المني عدداً كبيراً من الحيوانات المنوية غير الطبيعية ، أو بسبب التهاب الخصيتين مما يؤدي إلى موت أمهات الحيوانات المنوية مسببة عقما مؤقتا . وقد يرتبط انخفاض عدد الحيوانات المنوية بالتدخين ، فقد أظهرت الدراسات أن الرجال المدخنين قد تكون عدد الحيوانات المنوية عندهم غير طبيعية أكثر من تلك الموجودة في الرجال غير المدخنين . والتعرض لكيميائيات مثل د .د . ت قد تخفض عدد الحيوانات المنوية وعقمها .

أما حالة العقم لدى الأنثى هو الندبة (scar) في أنبوبي البيض الذي قد تنتج عن مرض السيلان (gonorrhea) ، حيث تتسبب الندبة في إغلاق إحدى أو كلتا أنبوبي البيض ، وتمنع مرور البويضة إلى الرحم .

وقد يتسبب التضيق الجزئي لأنبوبة البيض في حدوث الحمل في أنبوبة البيض ، وينمو الجنين في جدارها ، ولا يستطيع المرور إلى الرحم . وبما أن أنبوبة البيض غير معدة لحمل الجنين ؛ لهذا يجب إزالة أنبوبة البيض والجنين النامي فيها جراحيا قبل أن يتمزقا ، وتصبح حياة الأم في خطر .

وتستطيع المرأة التي قناتا البيض فيها مغلقتان ، من إنتاج بويضة ، وحمل الجنين في رحمها . ويتم ذلك بمساعدة طبية في نقل البويضة من قناة البيض ، وتلقيحها بحيوان منوي من زوجها في المختبر (تلقيح خارج الجسم (vitro fertilization) بعدها توضع في رحم المرأة ، حيث يمكنها أن تنمو بصورة طبيعية .

٠٨ الخلاصة

٠١ يتكون الجهاز التناسلي الذكري من الخصيتين ، اللتين تنتجان حيوانات منوية وهرمون التستوستيرون وأنابيب ناقلة وغدد ملحقة وقضيب .

١-١- توجد الخصيتان في كيس الصفن ، وتحتويان أنيبيبات ناقلة حيث يتم إنتاج الحيوانات المنوية ، والخلايا البينية التي تفرز هرمون التستوستيرون .

١-٢- تكمل الحيوانات المنوية نضجها في البربخان ، كما تخزن فيها أو في الوعاء الناقل ، إلى القناة القاذفة ، ومن ثم إلى الإحليل ، وتمر خلال القضيب .

١-٣- يحتوي السائل المنوي نحو ٤٠٠ مليون حيوان منوي معلقة في إفراز الحوصلتين المنويتين وغدة البروستاتا .

١-٤- يتكون القضيب من ثلاثة أعمدة من نسيج ناصب ، وعندما تمتلئ هذه الأنسجة بالدم ، ينتصب القضيب .

٠٢ يتكون الجهاز التناسلي الأنثوي من المبيضين ، اللذين ينتجان البويضات وهرمونات الاستروجينات والبروجستيرون وقناتي البيض والمهبل والفرج والثديين .

٢-١- تدخل البويضة بعد الإباضة قناة البيض حيث يمكن أن تخصب هناك .

٢-٢- يحضن الرحم الجنين .

٢-٣- المهبل هو الجزء السفلي من قناة الولادة ، ويستقبل القضيب في أثناء الجماع .

٢-٤- تحفز الهرمونات المؤثرة في الغدد التناسلية - FSH و LH ، إنتاج الحيوانات المنوية وإفراز التستوستيرون ، وهذا ضروري لإظهار الصفات الجنسية الذكرية الثانوية والمحافظة عليها .

٢-٥- يحدث التبويض تقريبا في اليوم الرابع عشر من دورة الطمث في الدورة الأنموذجية التي مدتها ٢٨ يوماً ، وتتم أحداث دورة الطمث بالتنسيق بين الهرمونات المؤثرة في الغدد التناسلية .

٠٣ يحفز FSH نمو الجريب ، ويحفز أيضا مع LH التبويض ، كما يحفز LH نمو الجسم الأصفر .

٠٤ تحرر الجريبات الناضجة الإستروجين ، الذي يحفز نمو بطانة الرحم ، وهو ضروري لإظهار الصفات الجنسية الأنثوية الثانوية .

٠٥ يفرز الجسم الأصفر البروجستيرون ، الذي يحفز التجهيزات النهائية للرحم للحمل المحتمل .

٠٦ يعيد الإخصاب العدد المضاعف من الكروموسومات ، كما يحدد جنس المولود ونموه .

٠٧ تتكون حول الجنين أربعة أغشية ؛ لتوفر له التغذية والحماية والدعم . وهذه الأغشية هي : الكوريون والرهلي وكيس المح والألنتويز .

٠٨ يتكون الجنين في الأسبوع الثالث من ثلاث طبقات جرثومية : خارجية ووسطى وداخلية ، ومنها تتكون أعضاء الجنين .

٠٩ يكون الذكر عقيما عندما يقل قذف الحيوانات المنوية عنده عن ٢٠ مليون حيوان منوي .

٠١٠ القرحة في أنبوبي البيض في الأنثى قد تسبب في حالة العقم لديها .

٩٠ أسئلة للتقويم الذاتي

لكل مجموعة ، اختر أكثر إجابة مناسبة من العمود (ب) لكل وصف في العمود (أ) .

العمود (أ)	العمود (ب)
٠١ تنتج الحيوانات المنوية	أ) أنيبيبات منوية
٠٢ تنتج التستوستيرون	ب) غدة البروستاتا
٠٣ أعمده من نسيج ناصب	ج) خلايا بينية
٠٤ تفرز سائلا قلويا في الإحليل	د) أجسام كهفية
٠٥ كيس يحتوي الخصيتين	هـ) الصفن

٠٦ تنتج أمشاجا	أ) قناة البيض
٠٧ يسمك كل شهر تحضيرا للحمل	ب) المبيض
٠٨ الجزء السفلي من الرحم	ج) عنق الرحم
٠٩ يحدث فيه الإخصاب	د) بطانة الرحم
٠١٠ يمتد من الرحم إلى خارج الجسم	هـ) المهبل

٠١١ ينتج FSH	أ) غشاء البكارة
٠١٢ ينتج بروجستيرون	ب) الجسم الأصفر
٠١٣ مركز الإحساس الجنسي	ج) الفص الأمامي للغدة النخامية
٠١٤ يقفل فتحة المهبل	د) البظر

١٥٠ ضــروري لإظـهــار الصــفــات الجنسية الأنثوية الثانوية

١٦٠ضروري لإظهار الصفات الجنسية الذكرية الثانوية

١٧٠ تنتجه الغدة النخامية

١٨٠ تحفز نمو الغدد في بطانة الرحم

أ) التستوستيرون

ب) الإستروجين

ج) LH

د) البروجستيرون

هـ) FSH

١٠. أسئلة للمراجعة

١. قارن بين وظائف المبيضين والخصيتين .

٢. تتبع مرور حيوان منوي منذ قذفه من الأنيبيب المنوي خلال قناة التناسل الذكرية وحتى خروجه من الذكر في أثناء الجماع . على افتراض أن القذف تم في المهبل . تتبع رحلته حتى يلاقي البويضة .

٣. ما وظائف كل من : التستوستيرون ، الإستروجين ، البروجستيرون .

٤. ما وظيفة الجسم الأصفر؟ أي هرمون يحفز نموه؟

٥. ما وظيفة FSH و LH في الأنثى؟

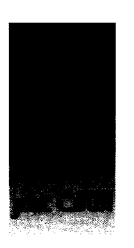
٦. لماذا يتم إنتاج عدد كبير من الحيوانات المنوية في الذكر ، وعدد قليل من البويضات في الأنثى؟

٧. ارسم شكلا توضيحيا للأحداث الرئيسة لدورة الطمث ، متضمنة الإباضة والطمث . محددا الأيام التي يمكن أن يحدث فيها الحمل .

٨. فسر عدم حدوث دورة الطمث والإباضة خلال الحمل .

٩. وضح بالرسم الهرمونات المنظمة لدورة الطمث .





الجهاز العصبي

The Nervous system

المحتويات

١١. الفعل المنعكس
١٢. الجهاز العصبي المحيطي
١٣. الجهاز العصبي الذاتي (المستقل)
١٣-١- الجهاز العصبي الودي
١٣-٢- الجهاز العصبي نظير الودي
١٤. الجهاز العصبي المركزي
١٤-١- الدماغ
١٤-١-١- الدماغ اللاواعي
١٤-١-٢- الدماغ الواعي
١٥. الجهاز الحافي
١٦. التعلم والحفظ
١٧. الناقلات العصبية في الدماغ
١٧-١- خلل الناقلات العصبية
١٧-٢- فعل عقاقير الجهاز العصبي
١٨. الخلاصة
١٩. أسئلة للتقويم الذاتي
٢٠. أسئلة للمراجعة

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادرا على أن :

١. تتتبع انتقال المعلومات خلال الجهاز العصبي .

٢. تعرض بصورة عامة ، تنظيم الجهاز العصبي ووظائفه .

٣. تصف بصورة عامة ، تركيب العصبون ، وتذكر أنواعه .

٤. ترسم العصبون ، وتكتب أسماء الأجزاء على الرسم .

٥. تصف السيال العصبي كتغير كهروكيميائي يسجل كجهد فعل بالأوسيلوسكوب .

٦. تشرح كيف يحدث كل من : جهد الراحة ، وجهد الفعل لغشاء العصبون .

٧. تصف تركيب التشابك العصبي ، ووظيفته ، والنقل خلاله .

٨. تفسر معنى الجمع والتكامل في العصبون .

٩. تصف الجهاز العصبي الطرفي وتحدد ووظيفته .

١٠. ترسم شكلا تخطيطا يوضح الفعل المنعكس الشوكي ، وتذكر وظيفة جميع الأجزاء الواردة فيه .

١١. تذكر أجزاء الجهاز العصبي الذاتي (المستقل) ، موضحا أوجه الشبه والاختلاف في التركيب والوظيفة بين قسميه .

١٢. تصف تركيب الجهاز العصبي المركزي ووظيفته .

١٣. تذكر أسماء الأجزاء الرئيسة للدماغ ، ووظيفة كل منها .

١٤. ترسم مسار المنعكس الذي يتكون من ثلاثة عصبونات ، وتكتب الأسماء على الأجزاء ، وتحدد مسار جريان المعلومات ، وتربط فعل المنعكس مع عمليات الاستقبال ، والنقل ، والتكامل ، والاستجابة الحقيقية .

١٥. تذكر بعض الناقلات العصبية المثيرة والمثبطة في قسمي الجهاز العصبي ، المركزي والطرفي ، ومكان إفراز كل منها .

١٦. تناقش وتعطي أمثلة على تأثير الأدوية في التشابكات العصبية ، وتذكر مساوئ استعمال العقاقير .

تعتمد قابلية الاستجابة لمثير ما في الإنسان على الأعصاب والهرمونات ، والإحساس ، والجهاز العضلي ، والجهاز الهيكلي . ويعمل الجهازين العصبي والغدد الصماء معاً ، وينظمان أعمال أجهزة الجسم ؛ لحفظ الاتزان الداخلي (homostasis) . ونظرً لانتقال الهرمونات في الدم ، فقد تحتاج إلى ثوان أو دقائق أو ساعات ، أو حتى وقتاً أطول لتنتج تأثيرات لهذه المراسيل الكيميائية . أما الجهاز العصبي فهو أسرع تأثيراً ، حيث يحتاج إلى أجزاء من الألف من الثانية . وهو يستقبل المعلومات ويجري عليها العمليات اللازمة قبل أن يرسل إشارات إلى العضلات والغدد بانتظار استجابة (stimulus) ملائمة . وبهذه الطريقة يتكامل الجهاز العصبي ، ويضبط أجهزة الجسم الأخرى .

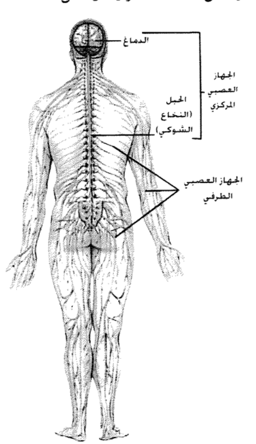
٠١ انتقال المعلومات خلال الجهاز العصبي

Information Flow Through The Nervous system

يتلقى الجهاز العصبي معلومات ، وينقل رسائل ، ويصنف بيانات داخلية ويحللها ، ويرسل رسائل مناسبة حتى تكون الاستجابات منسقة والبيئة الداخلية متزنة . وتحتاج الاستجابات حتى أبسطها لمثير يتكون من سلسلة من المعلومات تمر خلال الجهاز العصبي ، وتتضمن الاستقبال ، ونقل السيال العصبي (nerve - impulse) إلى الدماغ (brain) والحبل (النخاع) الشوكي (spinal cord) ، والتكامل ، ونقل السيال العصبي من الدماغ والحبل الشوكي ، والاستجابة ، وعادة يكون العضو المستجيب (المنفذ) (effector organ) عضلة أو غدة . ويتضح ذلك من خلال المثال الآتي : تخيل أنك جائع جدا ، وأمامك وجبة شهية ، فلا بد من حدوث سلسلة العمليات الآتية قبل الأكل : الاستقبال ، والنقل ، والتكامل ، والاستجابة . أولاً ، يجب أن يتم اكتشاف الطعام وهو المثير . ويستقبل المعلومات مستقبلان ، هما ، عيناك والخلايا الشمية . ثانيا ، يجب أن ترسل هذه الرسائل إلى دماغك لإشعارك بأنه تلقى المثير . ثم تنقل العصبونات الموردة (afferent neurons) (الحسية) هذه المعلومات على شكل سيالات عصبية من عضو الإحساس إلى الدماغ . وعند أخذ القرار بالأكل ، تنقل العصبونات المصدرة (efferent neurons) (الحركه) الرسالة من الدماغ إلى الخلايا المستجيبة . وآخر عملية في هذه الاستجابة هو الانقباض الحقيقي للألياف العضلية لتحمل الاستجابة ، وأخيرا تضع الطعام في فمك .

٢٠ تنظيم الجهاز العصبي Organization of Nervous System

يتكون الجهاز العصبي من جزئين : الجهاز العصبي المركزي (central nervous system) ، والجهاز العصبي المحيطي (peripheral nervous system) . ويتضمن الجهاز العصبي المركزي من الدماغ والحبل (النخاع) الشوكي ، ويقع في خط الوسط للجسم الجمجمة (skull or cranium) وهي تحمي الدماغ ، والفقرات (vertebrae) تحمي الحبل (النخاع) الشوكي (شكل ١٣-١) . ويكامل الجهاز العصبي المركزي جميع المعلومات الواردة إليه ، ومن ثم يحدد الاستجابات المناسبة . وتتشابك داخل الجهاز العصبي المركزي العصبونات الموردة (الحسية) وتكوّن روابط وظيفية مع العصبونات البينية أو الموصلة (interneurons or association neurons) ، وفي هذه التشابكات تُخزن الرسائل العصبية الواردة وتُحلل .

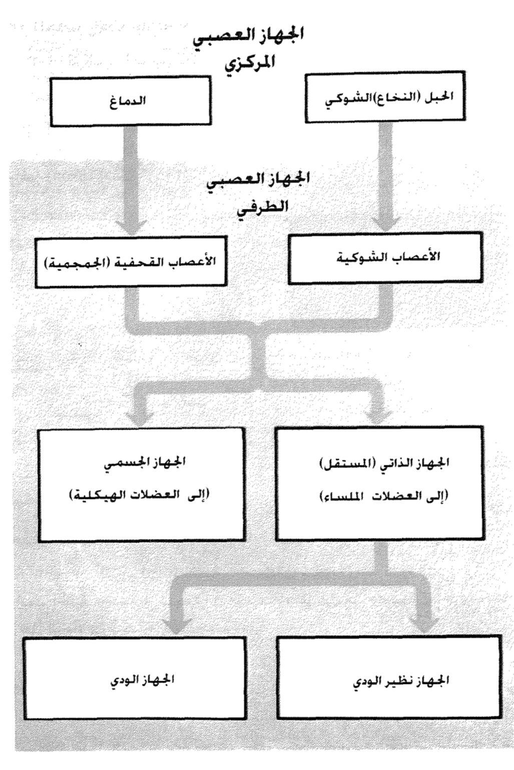


شكل (١٣-١) أجزاء الجهاز العصبي الرئيسة

يحتوي الجهاز العصبي المحيطي الأعصاب القحفية (الجمجمية) (cranial nerves) وعددها ١٢ زوجا ، وهي تنشأ من الدماغ ، والأعصاب الشوكية (spinal nerves) وعددها ٣١ زوجاً ، وهي تبرز من إحدى جهتي الحبل (النخاع) الشوكي ، وتربط الجهاز العصبي المركزي مع أجزاء الجسم المختلفة ، وتنقل الأعصاب الموردة منها المثيرات إلى الجهاز العصبي المركزي ، بعدها تنقل العصبونات المصدرة السيالات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى خلايا استجابة ملائمة - عضلات وغدد - وهي تعمل التكيف المناسب للحفاظ على الاتزان الداخلي للجسم .

ويقسم الجهاز العصبي المحيطي إلى جهازين : الجسمي (somatic) والذاتي (المستقل)(outonomic) .

ويتكون الجهاز الجسمي من مستقبلات وأعصاب معنية بالمثيرات الخارجية . ويتكون الجهاز الذاتي من المستقبلات والأعصاب المسؤولة عن تنظيم البيئة الداخلية . ويوجد في الجهاز الذاتي نوعان من الأعصاب الصادرة (الحركية) : الودية (sympathetic) ونظيرة الودية (parasympathatic) شكل (١٣-٢) .

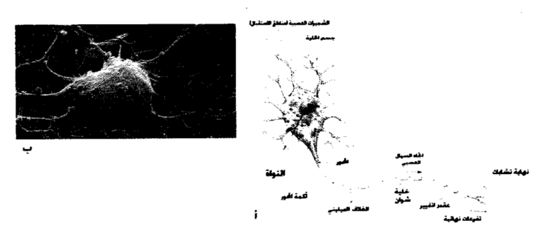


شكل (١٣-٢) تنظيم الجهاز العصبي

٣٠ العصبونات Neurons

٣-١- تركيب العصبونات

العصبونات خلايا لا ترى بالعين المجردة ، وتتباين في الحجم والشكل والتعقيد ، وهي الوحدات الوظيفية والتركيبية في الجهاز العصبي . وتتكون جميع العصبونات من ثلاثة أجزاء : الشجيرات العصبية (dendtrites) ، وجسم الخلية (cell body) ، والمحور (axon) (شكل ١٣-٣)



شكل (١٣-٣) (أ) تركيب العصبون الأنموذجي

(ب) صورة مجهر ماسح للعصبون

ويوجد في النسيج العصبي خلايا داعمة (supportting cells) تسمى عقدا عصبية (neuroglia) ، وهي تجمع أجسام الخلايا العصبونية في كتل .

٣-١-١- **الشجيرات العصبية** : امتدادات سيتوبلازمية كثيرة التفرع ، تبرز من جسم الخلية . وتستقبل الشجيرات العصبية معلومات من عصبونات أخرى ، وعادة تنقل السيالات العصبية باتجاه جسم الخلية .

٣-١-٢- **جسم الخلية** : يحتوي جسم الخلية سيتوبلازماً ونواة وعضيات أخرى تماما كما في الخلايا ، وإحدى الوظائف الرئيسة لجسم الخلية تصنيع الناقلات العصبية (neurotransmitters) ، وهي مواد كيميائية مخزونة في حويصلات إفرازية في نهايات المحاور . وعندما تتحرر الناقلات العصبية ، تؤثر في قابلية الاثارة (excitability) للعصبونات المجاورة .

٣-١-٣- **المحور** : يبرز المحور من منطقة كثيفة في جسم الخلية ، أكمة المحور (البذرة) (axon hilloc) . وينقل المحور السيالات العصبية من جسم الخلية إلى عصبون آخر أو خلية مستجيبة . وتتفرع النهاية البعيدة للمحور ، وفي نهاية هذه التفرعات توجد اتساعات صغيرة تسمى عقدا تشابكية (synaptic knobs) ، وهذه تحرر الناقلات العصبية . وقد تبرز تفرعات جانبية على طول المحور ، تسمح باتصالات بينية في العصبونات .

تحاط محاور العصبونات المحيطية بغلاف خلوي يسمى غمداً عصبياً (neurolemma) ، يتكون من خلايا داعمة تسمى خلايا شوان (schwann cells) . والغمد العصبي مهم في إعادة تجديد الأعصاب التالفة . وفي أثناء تكون الغمد العصبي ، فإن خلايا شوان تغطي المحور وتلتف حوله . وفي بعض المحاور تنتج بعض خلايا شوان غلافاً داخلياً عازلاً يسمى غلافاً ميلينياً (myelin sheath) .

والميلين مادة بيضاء غنية بالليبيد تكون غشاء خلية شوان ، وهي مادة عازلة للكهرباء ، وتسرع انتقال السيالات العصبية . وتوجد بين خلايا شوان المتجاورة فجوات تسمى عقد رانفيير (nodes of Ranvier) ، وتبعد كل عقدة رانفيير عن العقدة التي تليها نحو ٥٠-١٥٠ ميكروملميتر ، وعندها يكون المحور غير معزول بالميلين . وغالبا ما تكون معظم المحاور التي تزيد أقطارها على ٢ ميكروملميتر محاطة بغشاء ميليني ، والمحاور التي أقطارها أقل من ذلك غير محاطة بغشاء ميليني .

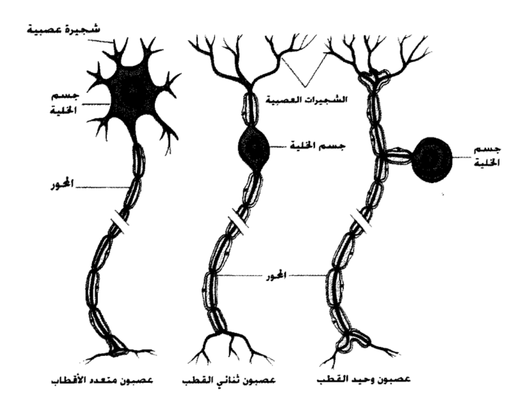
محاور الخلايا داخل الجهاز العصبي ليس لها غمد عصبي . وتتكون أغلفتها الميلينية من نوع آخر من عقد عصبية غير خلايا شوان . وتتكون بعض مناطق الدماغ والنخاع الشوكي بصورة رئيسة من محاور ميلينيه ، يعزى إليها اللون الأبيض .

٣-٢- أنواع العصبونات

٣-٢-١- حسب عدد المحاور

يمكن تقسيم العصبونات حسب عدد المحاور إلى ثلاثة أنواع :

١. **وحيدة القطب** (unipolar) ، لها محور واحد ، وتوجد هذه في العقد العصبية الشوكية (spinal ganglion) الموجودة في الحبل الشوكي .
٢. **ثنائية القطب** (bibolar) ، لها محوران متقابلان ، وتوجد في شبكية العين .
٣. **متعددة الأقطاب** (multipolar) : يكثر هذا النوع من العصبونات في الدماغ والحبل الشوكي .



شكل (١٣-٤) أنواع العصبونات حسب عدد المحاور

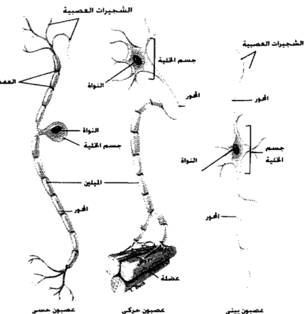
٣-٢-٢- حسب اتجاه انتقال السيال العصبي فيها

يمكن تقسيم العصبونات حسب اتجاه انتقال السيال العصبي فيها إلى ثلاثة أنواع ، هي (شكل ١٣-٥) :

١• **العصبونات الحسية** (sensory neurons) : لها شجيرات عصبية طويلة ، ومحور قصير ، وتنقل الرسائل من أعضاء الإحساس إلى الجهاز العصبي المركزي ، لذلك تسمى أيضا العصبونات المورِدة (afferent neurons) .

٢• **العصبونات الحركية** (motor neurons) : لها شجيرات عصبية قصيرة ، ومحور طويل ، وتنقل الرسائل من الجهاز العصبي المركزي إلى ألياف العضلة أو الغدد ، فهي مثيرة لتلك التراكيب ، وتسمى أيضا العصبونات المصدرة . العصبونات

البـينيـة (الموصـولة) (interneurons or association neurons) : توجـد فـقط في الجهاز العصبي المركزي ، وتنقل الرسائل بين مختلف أجزائه ، من جانب إلى آخر في الدمـاغ أو الحـبل الشـوكي ، أو من الدمـاغ إلى الحـبل الشـوكي ، أو من الحـبل الشوكي إلى الدماغ . وللعصبون البيني شجيرات عصبية قصيرة ومحور إما طويل أو قصير .

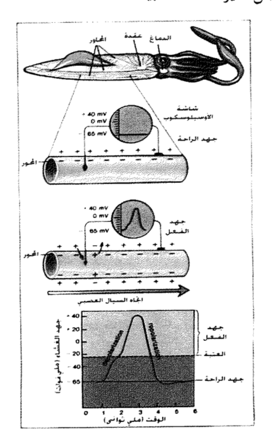


شكل (١٣-٥) أنواع العصبونات حسب اتجاه انتقال السيال العصبي فيها

٥ . السيال العصبي Nerve Impulse

اكـتـشف البـاحـث الإيطالي جـالفـاني (Luigi Galvani) سنة ١٧٨٦ ، أنه يمكن إثارة عصب بتيار كهربائي . وأن سرعة السيال العصبي بطيئة جدا تبعا لحركة الألكترونات أو التيار الكهربائي في الليفة العصبية . وفي أوائل التسعينيات ، أوضح بيرستين (Julius Berstein) من جامعة هول (Halle) الألمانية ، أن السيال العصبي ظاهرة كهروكيميائية تستخدم حركة توزيع الأيونات غير المتساوٍ على جانبي الغشاء البلازمي للعصبون . وحتى سنة ١٩٣٩ لم يكن الباحثون قد طوروا آلية تمكنهم من إثبـات هذه النظرية . وفي سنة ١٩٦٣ حـاز العـالمان الانجليـزيان في فـسيـولوجـيـا الأعصاب ، هودجين (A.L.Hodgkin) وهكسلي (A.F. Huxley) جائزة نوبل على

عملهما في هذا المجال . وقد نجح هذان العالمان مع مجموعة باحثين آخرين برئاسة (K.S Cole) و (J.J. Curits) في (Woods Hole) في إدخال قطب كهربائي صغير جدا في محور عصبون ضخم للحبار (Squid) شكل (١٣-٦أ) . ووصل هذا القطب الكهربائي الداخلي في فولتاميتر وأسيلوسكوب (آلة لها شاشة تظهر رسما يحدد أي تغير في الجهد (voltage) بمرور الوقت (شكل ١٣-٥ د) والجهد هو قياس فرق في الجهد الكهربائي بين نقطتين ، وفي هذه الحالة هي الفرق في الجهد بين القطبين الكهربائيين ، أحدهما داخل المحور ، والآخر خارجه (يسمى فرق الجهد الكهربائي عبر الغشاء جهد الغشاء) ووجود فرق في الجهد ، يعني وجود قطب موجب وقطب سالب ، وبذلك يحدد الأوسيلوسكوب وجود استقطاب (polarization) ويسجل تغيرات استقطابية .

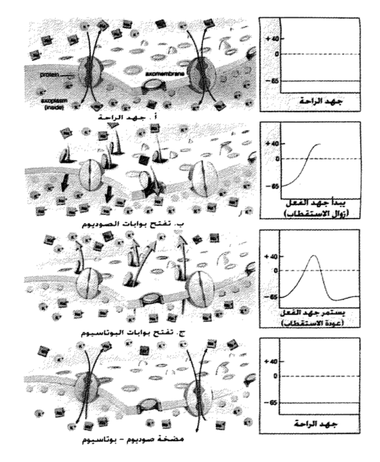


شكل (١٣-٦) دراسات سيال عصبي أصلي مستخدمة عصبونات ضخمة لحبار وأسيلو سكوب

٥٠ جهد الراحة Resting Potential

عندما لا ينقل المحور سيالة عصبية ، يسجل الأوسيلوسكوب جهداً غشائياً يساوي -٦٥ مليفولت ، مشيراً إلى أن داخل العصبون أكثر سالبية من خارجه شكل (١٣-٦ ب) ويسمى هذا جهد الراحة لأن المحور لا ينقل سيالة عصبية .

ويمكن ربط هذا الاستقطاب بفرق توزيع الأيونات على أحد جانبي الغشاء البلازمي للمحور . ويوضح (شكل ١٣-٧ أ) ، وجود تركيز عالٍ لأيونات الصوديوم (N^{a+}) خارج المحور أكثر من داخله ، ووجود تركيز عالٍ لأيونات البوتاسيوم (k^{+}) داخل المحور أكثر من خارجه . ويعزى عدم تساوي تركيز أيونات هذين العنصرين إلى فعل مضخة الصوديوم - بوتاسيوم . وهذه المضخة عبارة عن جهاز نقل نشط في الغشاء البلازمي يضخ أيونات الصوديوم خارج المحور ، وأيونات البوتاسيوم داخله . ويحفظ عمل المضخه التوزيع غير المتساوي لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم خلال الغشاء البلازمي للمحور ، وتعمل المضخة باستمرار ؛ وذلك لأن الغشاء البلازمي للمحور منفذ نوعاً ما لهذه الأيونات ، وتميل للانتشار باتجاه تركيزاتها الأقل . وبما أن الغشاء البلازمي للمحور أكثر نفاذية لأيونات البوتاسيوم منه لأيونات الصوديوم ، لذا فإن الأيونات الموجبة خارج الغشاء البلازمي للمحور أكثر من داخله . وتوجد أيضا بروتينات كبيرة مشحونة بشحنه سالبة في سيتوبلازم المحور ؛ ولهذا يسجل الأوسيلوسكوب أن جهد سيتوبلازم المحور - ٦٥ مليفولت مقارنة مع سائل النسيج . وتعني الاشارة السالبة أن الأيونات السالبة داخل المحور أكثر منها في السائل البيني خارج العصبون ، ويكون العصبون في حالة الراحة (resting nruron) ويسمى فرق الجهد الكهربائي بين سطحيه الداخلي والخارجي جهد الراحة للغشاء (restin membrane potential) .



شكل (١٣-٧) جهد الراحة وجهد الفعل

٦. جهد الفعل Action Potential

إذا أثير محور العصبون بطريقة كهربائية أو كيميائية أو آلية ، لنقل سيال عصبية ، تسجل شاشة الأوسيلوسكوب تغيرا سريعا في الاستقطاب ، ويسمى هذا التغير في الاستقطاب جهد الفعل شكل (١٣-٧) ، ويتحرك الرسم على شاشة الأوسيلوسكوب من -٦٥ مليفولت إلى + ٤٠ مليفولت ، وهذا يعني زوال الاستقطاب (depolatization) وتسمى هذه مستوى العتبة (threshold level) ، أي الحد الأدنى من فرق الجهد اللازم لإتمام موجة جهد الفعل في العصبون ، وهذا يدل على أن سيتوبلازم المحور أصبح موجبا أكثر من السائل البيني . بعدها يعود الرسم على شاشة الأوسيلوسكوب إلى - ٦٥ مليفولت وتسمى عودة الاستقطاب

(repolarization) ، أي أن سيتوبلازم المحور عاد ثانية سالباً . فجهد الفعل هو تيار كهربائي بقوة كافية لتحدث هبوطاً في جهد الراحة في المنطقة المجاورة من الغشاء ، وهو يخضع لقانون الكل أو العدم (all - or - non) أي أن جهد الفعل يحدث بكامل قوته أو لا يحدث إطلاقا ، ومن ثم إما أن يثار العصبون تماما أو لا يثار .

ويعزى جهد الفعل إلى بروتين خاص يبطن القنوات في الغشاء البلازمي للمحور ، التي تفتح لتسمح لأيونات الصوديوم أو لأيونات البوتاسيوم بالمرور خلاله شكل (١٣-٧ب و ج) ، ولهذه القنوات بوابات تسمى بوابات الصوديوم (sodium gates) ، وبوابات البوتاسيوم (potassium gates) ، وفي أثناء مرحلة زوال الاستقطاب لجهد الفعل ، تفتح بوابات الصوديوم ، ويندفع الصوديوم إلى المحور . وحال اكتمال هذه المرحلة تحدث عودة الاستقطاب . وفي أثناء الاستقطاب ، تفتح بوابات البوتاسيوم ، ويندفع البوتاسيوم خارج المحور .

لاحظ أنه عند اكتمال جهد الفعل ، حدث تبادل للتوزيع الأصلي للأيونات شكل (١٣-٧ د) ، فأيونات الصوديوم أصبحت داخل المحور أكثر من قبل ، وأصبحت أيونات البوتاسيوم خارج المحور أكثر من قبل ، وعلى كل حال فإن مضخة الصوديوم – البوتاسيوم قادرة على إعادة التوزيع الأول لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم .

ويسجل الأوسيلوسكوب التغيرات في موقع واحد فقط في الليفة العصبية ، لكن جهد الفعل يتحرك على طول الليفة . وهذا تناقل ذاتي (self propagation) ؛ وذلك لأن قنوات الأيونات تُحفَّز على الفتح عندما يقل جهد الغشاء في المنطقة المجاورة . ويساعد الغشاء الميليني حول معظم الألياف الطويلة وزيادة قطر محور العصبون ؛ على زيادة سرعة انتقال السيال العصبي ، ويقفز جهد الفعل من عقدة رانفيير إلى العقدة المجاورة ، وقد تصل السرعة ٢٠٠م/ الثانية . ويسمى هذا توصيل وثّاب أو قافز (saltatory conduction) .

والجدير بالذكر أن العصبون الذي مرت فيه سيالة عصبية يحتاج إلى فترة قصيرة من الزمن قبل أن يصبح جاهزاً لنقل سيالة عصبية جديدة . فلو تعرض العصبون مباشرة بعد مرور سيالة عصبية فيه إلى مؤثر قوي فإنه لن يستعد لنقل تلك السيالة

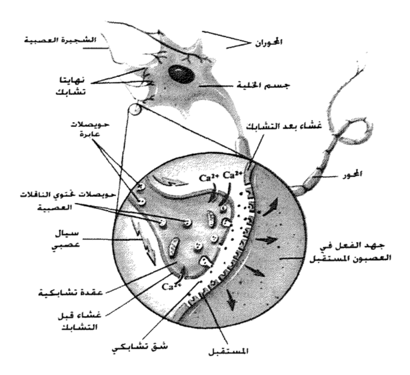
بعد مرور وقت قصير يقدر بنحو ٠,٠٠١ من الثانية ، ويطلق على هذه الفترة العصيان المغلق (absolute refractory period) .

تكون فيها قابلية العصبون للاستثارة أقل نسبياً منها في حالته الأصلية ، أي أن نقل السيالة العصبية في هذه الحالة يتطلب وجود مؤثر أقوى في الشدة من ذلك الذي يحدث سيالة عصبية في حالة العصبون المستريح . وبعد مرور فترة العصيان النسبي يعود العصبون إلى حالته الأصلية من حيث قابليته للاستثارة .

١٠٨ الانتقال عبر التشابك العصبي Transmission Across A Synapse

التشابك العصبي هو منطقة الاتصال بين عصبونين ، ويتكون من : الغشاء قبل التشابك (presynaptic membrane) ، وفجوة تسمى شق تشابكي (synaptic cleft) ، والغشاء بعد التشابك (postsynaptic membrane) . كما توجد حويصلات في نهايات المحاور ، تخزن فيها الناقلات العصبية شكل (١٣-٨) .

في سنة ١٨٩٧ ، لاحظ العالم الانجليزي شيرنجتون (Sir charles sherrington) وآخرون ظاهرتين مهمتين لانتقال السيالة العصبية بين العصبونات . الملاحظة الأولى : مرور السيال العصبي من عصبون لآخر في اتجاه واحد فقط من التشعبات النهائية لمحور العصبون قبل التشابك إلى الشجيرات العصبية أو جسم الخلية التابع لعصبون بعد التشابك . والملاحظة الثانية : وجود تأخير طفيف في انتقال السيال العصبي من عصبون إلى آخر . وقد أدت الملاحظة الثانية إلى فرضية وجود مسافات دقيقة بين العصبونات هي التشابك العصبي ، ويوجد بين نهاية المحور والشجيرات العصبية أو بين نهاية المحور وجسم الخلية .



شكل (١٣-٨) التشابك العصبي (١٧٦٠٠مرة)

عندما تصل السيالات العصبية الغشاء قبل التشابك ، تفرغ الحويصلات الملتصقة به محتوياتها من الناقلات العصبية في الشق التشابكي ، وترتبط جزيئاتها بالغشاء بعد التشابك في مراكز استقبال ، وعملية الارتباط هذه تؤدي إلى تغيير في نفاذية الغشاء للأيونات ؛ فتفتح بوابات تسمح بانتشار بعض الأيونات التي لا تنفذ من الغشاء في الأحوال العادية . وينتج عن ذلك تغيير في توزيع الأيونات على جانبي غشاء العصبون بعد التشابك ، وتبعاً لذلك يتغير جهد الراحة للغشاء واستقطابه . إما أن يصبح غشاء العصبون جزئيا في حالة لا إستقطاب حيث يقترب استقطاب الغشاء بعد التشابك من مستوى العتبة ، ويسمى جهد الغشاء في هذه الحالة الجهد الاستثاري بعد التشابك excitatory post synaptic potential (EPSP) . وإمـا أن يزداد استـقطاب (hyperpolarized) الغشاء بعد التشابك ، ويبتعد استقطابه عن مستوى العتبة اللازم لإحداث السيالة العصبية في الغشاء ، ويسمى جهد الغشاء في هذه الحالة الجهد التثبيطي بعد التشابك (inhibitory postsynaptic potential) (IPSP) ، وبهذا تقسم التشابكات العصبية إلى تشابكات استثارية ، وتشابكات تثبيطية .

٠٨ الجمع والتكامل Summation and Integration

يتم جهد الفعل في عصبون بعد تشابك عند وصول الجهد الاستثاري بعد التشابك إلى مستوى العتبة . وقد يكون جهد بعد التشابك مثيراً واحداً ضعيفاً جدا ، ولا يمكنه توليد جهد فعل في العصبون بعد التشابك ، ويكون تأثيره دون مستوى العتبة . ويمكن أن يصل جهد فعل العصبون بعد التشابك مستوى العتبة بجمع الجهود الاستثارية بعد التشابكية . وتنتج عملية الجمع هذه بإحدى طريقتين : الأولى ، يستثار غشاء عصبون بعدد من المؤثرات الضعيفة المتتابعة ، حيث يبدأ تأثير المؤثر التالي قبل أن يتلاشى فعل المؤثر الذي سبقه ؛ بهذا لا يعود الغشاء إلى وضع الراحة بين كل استثارة وأخرى ، وهذا ما يعرف بالجمع الزماني (temporal summation) . والطريقة الثانية ، يحصل الجمع عند استثارة عدد من التشابكات العصبية في أماكن مختلفة بمؤثر ضعيف ، ويتم ذلك بتحرر مواد ناقلة من عدة عقد تشابكية في وقت واحد . وبالرغم من أن استثارة الغشاء بعد التشابك قد لا تكون كافية لتوليد جهد الفعل في العصبون بعد التشابك . إلا أن جمع الاستثارات من عدة أماكن قد يؤدي إلى وصول مستوى العتبة اللازم لتوليد جهد الفعل في ذلك العصبون ، وهذا يسمى الجمع المكاني (spatial summation) .

وبعد زوال المؤثر لا بد من التخلص من الناقلات العصبية الزائدة الموجودة في الشق التشابكي ، لإعادة استقطاب الغشاء إلى وضع الراحة . ويتم التخلص من هذه الناقلات العصبية ، إما بتفكيكها بإنزيمات معينة ، أو بإعادتها إلى الحويصلات في النهايات الطرفية للعصبون بعد التشابك .

أما تكامل العصبون فهو محصلة الجهود بعد التشابكية ، فقد تكون مثيرة أو مثبطة . وتسمى محصلة الجهود هذه باسم الجهد التشابكي التكاملي (integrated synaptic potential) ، وهونتيجة الجمع الجبري لتأثير الجهود الإستثارية والجهود التثبيطية بعد التشابك ، وتعتمد هذه النتيجة على اتجاه السيال العصبي وعلى موقع التشابك الإستثاري أو التثبيطي ، على قوة المؤثر على كل من هذه التشابكات . والتكامل التشابكي أساسي في تحديد الدارات العصبية .

وبما أن أكثر من ٩٠٪ من العصبونات موجودة في الدماغ والحبل الشوكي (الجهاز العصبي المركزي) ؛ لهذا يتم معظم التكامل العصبوني هناك . والجدير بالذكر أن الشجيرات العصبية وجسم الخلية هي الأجزاء من العصبون التي يحدث فيها التكامل .

٠٩ الناقلات العصبية Neurotransmitters

عرف حتى الآن نحو ٣٠ مادة مختلفة معروفة كناقلات عصبية . وتفرز عدة أنواع من العصبونات نوعين أو ثلاثة أنواع مختلفة من الناقلات العصبية ، بعضها مهيج ، وبعضها مثبط .

الأستيل كولين (acetylcholine) والنورإيبينفرين (norepinephrin) : هما ناقلان عصبيان مهيجان رئيسان ، وهما نشيطان في كل من الجهازين العصبيين المركزي والمحيطي .

وعند تحرر الناقلات العصبية في الشق التشابكي ؛ فإنها تبقى نشيطة لفترة قصيرة فقط . ويحتوي الشق التشابكي لبعض العصبونات إنزيمات تجعل الناقل العصبي خاملا بصورة سريعة . فعلى سبيل المثال ، يكسر إنزيم الأستيل كولاين إستريز ، الأستيل كولين . حيث يساعد الجزيء الواحد من إنزيم أستيل كولاين إستريز على تكسير ٢٥ ألف جزيء من الأستيل كولاين في كل ثانية . وتؤخذ نواتج التكسير إلى العصبون قبل التشابك ، وتستخدم هذه النواتج في تصنيع جزيئات أستيل كولين جديدة . ويكسر إنزيم الأمين الأحادي أكسيديز (monoaminoxidase) النورإيبينوزين بعد امتصاصه بوساطة حويصلات في عقد محاور التشابك العصبي .

ويثير الأستيل كولاين انقباض العضلة . ويُحرر ليس فقط من العصبونات الحركية التي تثير العضلة الهيكلية ، ولكن أيضا تحرره عصبونات أخرى في الجهاز العصبي الذاتي والدماغ . وتسمى الخلايا التي تحرر الأستيل كولين ، عصبونات كولينية (cholinergic neurons) . ويهيج الأستيل كولين العضلة الهيكلية ، بينما يثبط عضلة القلب . والناقل العصبي سواء أكان مهيجاً أم مثبطاً يعتمد على صفة المستقبلات بعد التشابكية التي ترتبط معها المادة الناقلة .

و يحرر النور إيبينفرين عصبونات ودية (adrenergic neurons) وعصبونات في الدماغ والحبل الشوكي . وتسمى العصبونات التي تفرز النور إيبنفرين عصبونات أدرينالية . النور إيبنفرين والإيبينفرين والدوابامين ناقلات عصبية تنتمي إلى مجموعة مركبات تسمى كاتيكولامينات(catecholamines) ، وتحرر من العقد التشابكية . وتزال الكاتيكولامينات بصورة رئيسة بإعادة امتصاصها إلى الأكياس في العقد التشابكية . والكاتيكولامينات تؤثر في المزاج ، ويوضح الجدول (١٣-١) بعض الناقلات العصبية .

الجدول (١٣-١) بعض الناقلات العصبية

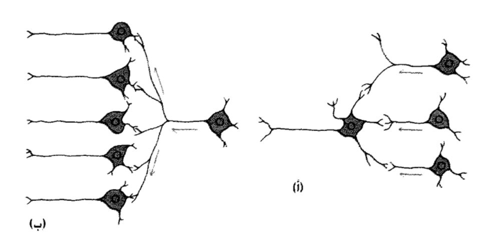
المادة	المصدر	ملاحظات
أستيل كولين Acetylcholine	الوصلات العصبية العضلية ،ونهايات قبل العقد العصبية الذاتية ،ونهايات بعد العقد للأعصاب نظيرة الودية ،وأجزاء من الدماغ .	يصبح خاملا بوساطة كولين إستريز .
نوراإيبينفرين Norepinephrine	نهايات بعد العقد الذاتية ، والجهاز الشبكي النشط ، ومناطق قشرة المخ ، والمخيخ ، والحبل الشوكي .	يعاد امتصاصه بوساطة حويصلات في عقد محاور التشابك العصبي ، يصبح خاملا بفعل أمين أحادي أكسديز ، يؤثر مستوى النورإيبيفزين في المزاج .
دوبامين Dopamin	الجهاز الحامي ، وقشرة المخ ، والعقد القاعدية وتحت السرير البصري .	يؤثر في الوظائف الحركية ، قد يكون له علاقة بانفصام الشخصية ، تقل كميته في مرض باركينون .

المادة	المصدر	ملاحظات
سيروتونين Serotonin	الجهاز الحامي ، وتحت السرير البصري ، والمخيخ ، والحبل الشوكي .	يلعب دوراً في النوم ، LSD يقاوم سيروتونين ، مثبط .
إيبينفرين Epinephrine	تحت السرير البصري ، والسرير البصري ، والحبل الشوكي .	متطابق مع الهرمون الذي تحرره الغدة الكظرية .
حامض جاما أمينو بيتوتيرك Amino buteric acid (GABA)	الحبل الشوكي ، وقشرة المخ ، وخلايا بيركنجي في المخيخ .	يعمل كمثبط في الدماغ والحبل الشوكي .
جلايسين Glycin	تحررة عصبونات تتوسط التثبيط في الحبل الشوكي .	يعمل كمثبط .
إندروفينات Endrophins	الجهاز العصبي المركزي والغدة النخامية .	ببتيدات عصبية لها صفات تشبه صفات المورفين ، يوقف الألم ، قد يساعد على تنظيم نمو الخلية ، مرتبط بالتعلم والتذكر .
إنكيفالينز Enkephalins	الدماغ ، وجهاز مَعِدِيْمِعَوي .	ببتيدات عصبية تثبط سيالات الألم بتثبيط تحرر مادة أ ، ترتبط بنفس مستقبلات المورفين في الدماغ .
مادة أ	الدماغ ، والحبل الشوكي ،وأعصاب حسية ، والأمعاء .	تنقل سيالات الألم من مستقبلات الألم إلى الجهاز العصبي المركزي .

١٠• تنظيم الدارات العصبونية Organization of Neural Circuits

ما الذي ينظم انتقال السيال العصبي من عصبون إلى آخر بحيث يتضمن توجيه بناء دارات عصبية في الدماغ والحبل (النخاع) الشوكي؟

العصبونات منظمة بدارات، فتوجد في الدارة العصبونية عدة عصبونات قبل التشابك يمكن أن تتجمع عند عصبون بعد التشابك . وفي حالة التجمع (convergence) يتم ضبط العصبون بعد التشابك بإشارات من عصبونين قبل تشابكين أو أكثر شكل (١٣-٩أ) .

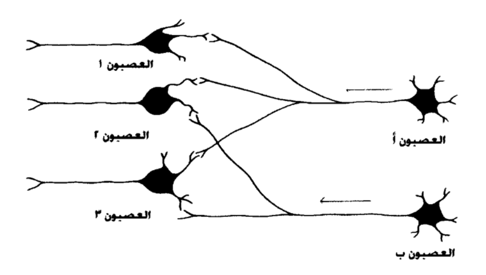


شكل (١٣-٩) تنظيم الدارات الكهربائية (أ) تجمع دخول عصبون
(ب) تشعب خروج عصبون

يمكن أن يتلقى العصبون البيني في الحبل الشوكي للحظة معلومات من عصبونات حسية، تدخل الحبل الشوكي من عصبونات ناشئة عند مستويات أخرى من الحبل الشوكي، أو حتى من العصبونات التي تنقل معلومات من الدماغ . ويجب أن تتكامل المعلومات من كل تجمعات العصبونات هذه قبل أن يتولد جهد فعل في العصبون البيني، ويثار عصبون محرك ملائم .

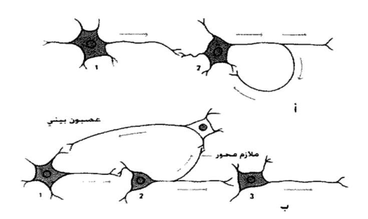
وفي حالة التشعب (divergence) ، يثير العصبون بعد التشابك عدة عصبونات قبل تشابكية شكل (١٣-٩ب) فكل عصبون قبل تشابك يمكن أن يتشابك مع ٢٥ ألف أو أكثر من العصبونات بعد التشابك المختلفة . وفي حالة التسهيل يصبح العصبون قريبا من مستوى العتبة بوساطة جهود بعد تشابكية مثيرة من عصبونات قبل تشابكية مختلفة ، لكنها ليست بمستوى العتبة . ويمكن إثارة العصبون بوساطة جهد بعد تشابكي جديد ،شكل (١٣-١٠) يوضح التسهيل (facitilation) .

لا يستطيع العصبون أ ولا العصبون بـ إثارة العصبون ٢ أو ٣ . لكن عندما يُثار العصبون أ أو ب ، فإن العصبونين ٢و ٣ تسهّل . وعند إثار عصبون آخر قبل التشابك ، فإن العصبون بعد التشابك يستقبل ناقلاً عصبياً يكفي لتوليد جهد فعل .



شكل (١٣-١٠) التسهيل

والدارة العكسية (reverberating circuit) : نوع من الدارات العصبونية . وهي طريق عصبي نظم بحيث يتشابك ملازم عصبون(neuron collateral) مع عصبون بيني (شكل ١٣-١١) .



شكل (١٣-١١) دارتان عكسيتان (أ) دارة عكسية بسيطة حيث يلتف ملازم محور (axon collateral) العصبون الثاني على شجيراته نفسه . وبذلك يستمر العصبون بإثارة نفسه(ب) في هذه الدارة العصبية يتشابك ملازم محور العصبون الثاني مع عصبون بيني(موصل) . ويتشابك العصبون البيني مع العصبون الأولي في السلسلة . وتحدث سيالات عصبية أخرى مراراً متتالية في العصبون الأول ، مسببة انعكاساً .

ويتشابك العصبون البيني مع عصبون في السلسلة حيث يستطيع إرسال سيالات عصبية جديدة خلال الدارة . ويمكن توليد سيالات عصبية جديدة مرات متتالية حتى تصبح التشابكات المستخدمة مجهدة (سامحة باستنزاف الناقل العصبي) ، أو حتى تتوقف بوساطة بعض أنواع المثبطات . ويعتقد أن الدارات العكسية مهمة في التنفس المتناغم ، وفي المحافظة على التيقظ ، وفي الذاكرة قصيرة الأمد .

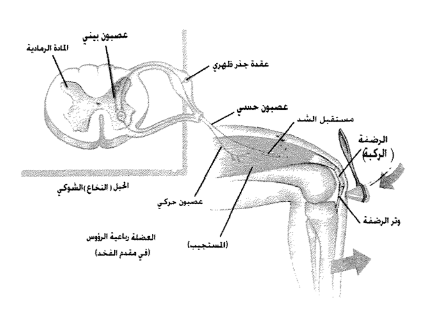
١١٠ الفعل المنعكس Reflex Action

الفعل المنعكس هو استجابة آلية لمؤثرات تحدث داخل الجسم أو خارجه ، وتعتمد على العلاقات التشريحية للعصبونات المستخدمة .

والمنعكسات هي وحدات وظيفية للجهاز العصبي . وتعتمد عدة آليات فسيولوجية على الأفعال المنعكسة . والمنعكس يستخدم جزءاً من الجسم فقط وليس الجسم كله . بعض المنعكسات تتم على مستوى الحبل الشوكي ولا تستخدم الدماغ ، وتسمى هذه منعكسات شوكية (spinal reflexes) أو قوس منعكس (reflex arc) مثل سحب اليد بعيداً عن السخونة .

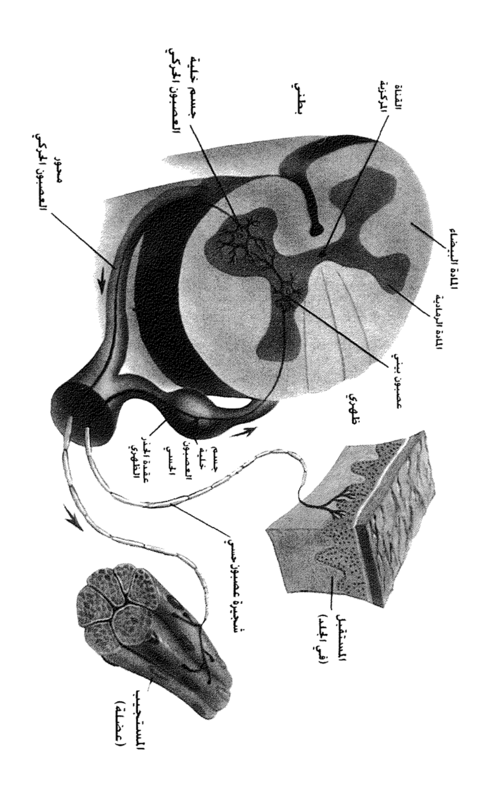
أما المنعكسات التي تستخدم الدماغ ، تسمى منعكسات قحفية (cranial reflexes) مثل القفز للخلف ، والهتاف بتعجب ، وتنظيم درجة حرارة الجسم ، وضغط الدم ، ومعدل ضربات القلب ، وتكون اللعاب .

واهتزاز الرضفة (patella) (العظم المتحرك في رأس الركبة) أو الركبة (Knee) البسيط مثال على النوع البسيط من الفعل المنعكس شكل (١٣-١٢) ، ويحتاج سلسلة من مجموعتين من العصبونات ؛ ولأن مجموعة واحدة فقط من التشابكات تستخدم ، يسمى هذا المنعكس ، منعكس أحادي التشابك (mono synaptic reflex) ، وحتى هذا المنعكس البسيط يحتاج إلى سلسلة معلومات تتدفق خلال الجهاز العصبي ، وهي الاستقبال ، والنقل ، والتكامل ، والاستجابة بوساطة عضو مستجيب . في اهتزاز الرضفة (الركبة) ، المستقبلات هي العضلات المغزلية ، التي تستجيب لمثير الشد عندما يضرب الوتر فجأة ، فتنقل العصبونات الموردة السيالات العصبية إلى الحبل الشوكي ، حيث تتم عملية التكامل عند التشابكات بين العصبونات الموردة ، والعصبونات المصدرة ، ثم تنقل العصبونات المصدرة السيال العصبي إلى الخلايا المستجيبة . وتنقبض الخيوط العضلية ، مسببة الشد المفاجئ للرجل .



شكل (١٣-١٢) المنعكس في الرضفة

ومنعكسات السحب أو الارتداد (withdrawal reflexes) من المنعكسات عديدة التشابك (polysnaptic reflexes) ، وتحتاج مشاركة ثلاث مجموعات من العصبونات شكل (١٣-١٣) مثلا ، احتراق إصبعك المفاجئ ، يسبب لك سحب يدك بعيدا عن المثير المؤذي قبل أن تكون مدركا للألم ، ومستقبلات الألم (الشجيرات العصبية للعصبونات الحية في إصبعك ترسل رسائل عبر العصبونات الموردة إلى الحبل الشوكي . وهناك يتشابك كل عصبون مع عصبون بيني ويحدث التكامل وترسل السيالات خلال عصبونات مصدرة ملائمة إلى عضلات في الذراع واليد حيث تنقبضان ، ساحباً اليد بعيداً عن المثير الضار . وفي الوقت نفسه يرسل العصبون البيني ، إلى العصبون المحرك ، ويمكن أيضاً أن يرسل رسالة أعلى العصبونات في الحبل الشوكي إلى الدماغ . بعدها تصبح قلقا من الموقف ، وتقرر أن تضع يدك تحت ماء بارد ، وهذا ليس جزءا من الفعل المنعكس .



شكل (١٣-١٣) منعكس شوكي

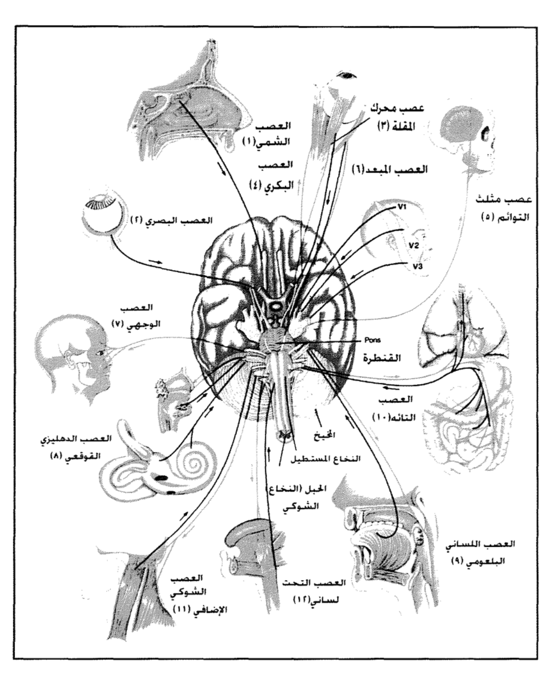
١٢٠ الجهاز العصبي المحيطي Peripheral Nervous System

يحتوي الجهاز العصبي المحيطي أعصاباً ، وهي تراكيب تحتوي فقط شجيرات طويلة و/ أو محاور طويلة . ويحاط كل من هذه الألياف بغلاف ميليني ، ولهذا ، فإن لهذه الأعصاب مظهراً أبيض لامعاً . ولا توجد أجسام خلايا في الأعصاب ؛ لأنها توجد فقط في الجهاز العصبي المركزي أو في العقد العصبية . ويوجد في الانسان ١٢ زوجاً من الأعصاب القحفية (الجمجمية) (cranial nerves) شكل (١٣-١٤) و٣١ زوجاً من الأعصاب الشوكية (Spinal nerves) شكل (١٣-١٥) . والأعصاب القحفية ، إما أعصاب حسية (لها شجيرات عصبية طويلة) أو أعصاب حركية (لها محاور طويلة) أو أعصاب مختلطة (لها شجيرات عصبية طويلة ومحاور طويلة) . وجميع الأعصاب القحفية ، ما عدا العصب التائه (vagus nerve) ، تضبط الرأس ، والعنق والوجه ، أما العصب التائه فيضبط الأعضاء الداخلية .

والجدول (١٣-٢) يوضح أسماء الأعصاب القحفية وتوزيعها والجزء من الدماغ الذي يتصل به العصب .

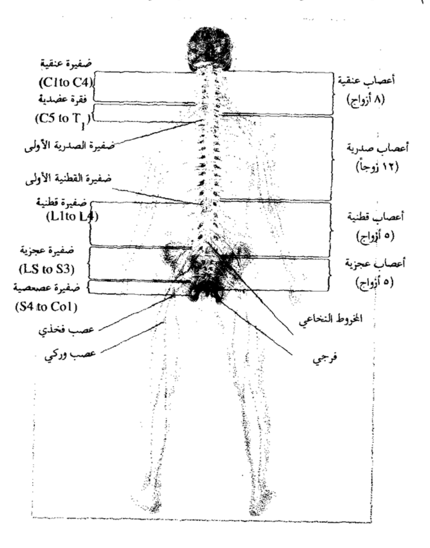
الجدول (١٣-٢) يوضح أسماء الأعصاب الدماغية وتوزيعها .

رقم	الاسم	التوزيع
١	الشمي olfactory	أعصاب حسية شمية من الأنف .
٢	البصري optic	أعصاب حسية للرؤية من العينين ، تتقاطع عدة ألياف في التصالب البصري .
٣	محرك العين oculomotor trochear	أعصاب محركة لعضلات العين المستقيمة العلوية والسفلية والوسطى وعضلات العين المائلة السفلية .
٤	مثلث التوائم trigeminal	أعصاب محركة لعضلات العين المائلة العلوية .
٥	المحرك العيني (الوحشي)	(أ) العيني : أعصاب حسية من أعلى وحول المحاجر الحجابية وأجزاء من التجاويف الأنفية . (ب) الفك العلوي : أعصاب حسية من حول وأسفل المحاجر الحجابية ، والفك العلوي والأسنان . (جـ) الفك السفلي : أعصاب حسية من الجزء السفلي للوجه ، والفك السفلي والأسنان ، ومن الأصداغ ، ومن صيوان الأذن ، وأيضاً أعصاب محركة لعضلات المضغ .
٦	المبعد abducins	أعصاب محركة للعضلات الجانبية المستقيمة للعين .
٧	الوجهي Facial	أعصاب حسية للتذوق من الجزء الأمامي للسان ، وأعصاب محركة للعضلات الخاصة بالتعبيرات ، وفروة الرأس ، وصيوان الأذن ، والعنق .
٨	الدهليزي القوقعي vestibulocochlear	(أ) القوقعي : أعصاب سمعية من القوقعة . (ب) الدهليزي : أعصاب التوازن من القنوات الهلالية والدهليز .
٩	اللسان البلعومي Glassopharyngeal	أعصاب حسية للتذوق من الجزء الخلفي للسان ، ومن البلعوم . أعصاب محركة لعضلات البلعوم ، والغدة النكفية .
١٠	التائه (الحائر) vagus	أعصاب حسية من الحنجرة ، والقصبة الهوائية ، والرئتين ، والمريء ، والمعدة ، والأمعاء ، والحويصلة الصفراوية والأوردة والشرايين الواسعة . أعصاب محركة تتكون أساسا من ألياف ذاتية للبلعوم ، والحنجرة ، والقصبة الهوائية ، والمريء ، والمعدة ، والأمعاء الدقيقة ، والبنكرياس ، والكبد ، والطحال ، والقولون الصاعد ، والكليتان ، والقلب ، والأوعية الدموية الحشوية .
١١	الشوكي الإضافي spinal accessory	(أ) دماغية أو مخية : أعصاب محركة تتحد مع العصب التائه لتزويد البلعوم والحنجرة . (ب) شوكية : أعصاب محركة تخرج من النخاع الشوكي وتدخل الجمجمة وتتركها ثانية إلى عضلات العنق .
١٢	التحت لساني hypoglossal	أعصاب محركة لعضلات اللسان والمنطقة اللامية (عظم في قاعدة اللسان) .



شكل (١٣-١٤) منظر بطني (قاعدي) للدماغ موضحاً نشوء الأعصاب القحفية (الجمجمية) . يشير الأسود الى ألياف حسية ، ويشير اللون إلى ألياف حركية

والأعصاب الشوكية جميعها خليط من الأعصاب التي تنقل السيالات العصبية من الحبل الشوكي وإليه شكل (١٣-١٥) . ويُظهر هذا الترتيب أن الإنسان مقسم ، يوجد زوج من الأعصاب الشوكية لكل قطعة . وتبرز الأعصاب الشوكية من الحبل الشوكي ، الذي هو جزء من الجهاز العصبي المركزي . وهو حبل عصبي سميك أبيض يمتد طوليا من الظهر ، حيث تحميه الفقرات . ويحتوي الحبل الشوكي قناة مركزية صغيرة مملوءة بسائل مخ شوكي (cerebrospinal fluid) ، مادة رمادية تتكون من أجسام خلايا وألياف قصيرة ، ومادة بيضاء تتكون من ألياف ميلينية .



شكل (١٣-١٥) الأعصاب الشوكية وبعض فروعها وضفائرها الرئيسة

وتتوزع الأعصاب الشوكية كالآتي :

۰۱ الأعصاب العنقية (cervical nerves) وعددها (٨) زواج .

۰۲ الأعصاب الصدرية (thorascic nerves) وعددها (١٢) زوجاً .

۰۳ الأعصاب القطنية (lumbar nerves) وعددها (٥) أزواج .

۰٤ الأعصاب العجزية (sacral nerves) وعددها (٥) أزواج .

۰٥ الأعصاب العصعصية (coccygyal nerves) وعددها (١) زوج واحد .

ويتضمن الجهاز العصبي الجسمي جميع الأعصاب التي تخدم الجهاز العضلي ، والجهاز الهيكلي ، وأعضاء الحس الخارجية ، متضمنة تلك التي في الجلد . وأعضاء الحس الخارجية هي مستقبلات تستقبل المثيرات البيئية وتعمل على بدء السيالات العصبية . والألياف العضلية هي مستجيبات (effec) تهيء التفاعل إلى الإستجابة .

۰١٣ الجهاز العصبي الذاتي (المستقل) Autonomic Nervous System

الجهاز العصبي الذاتي (المستقل) هو جزء من الجهاز العصبي المحيطي شكل (١٣-١٦) . ويتكون من عصبونات حركية تضبط الأعضاء الداخلية آليا ، وعادة دون اعتراض ملموس . وللجهاز العصبي المستقل جدول (١٣-٣) قسمان : الجهاز العصبي الودي (sympathetic nervous system) والجهاز العصبي نظير الودي (parasympathetic nervous system) وكلاهما :

۰١ يعمل آليا وعادة دون وعي في نمط لا إرادي ؛ ۰٢ ينبه جميع الأعضاء الداخلية ؛ ۰٣ يستخدم عصبونين حركيين لكل سيال عصبي . ويقع جسم الخلية للعصبون الحركي الأول في الجهاز العصبي المركزي ، ويقع جسم الخلية للعصبون الحركي التالي في عقدة عصبية ، ويسمى المحور الذي يوجد بعد العقدة الليفة بعد العقدة .

جدول (١٣-٣) الجهاز الودي مقابل الجهاز نظير الودي

الجهاز الودي	الجهاز نظير الودي
الكر أو الفر .	نشاط طبيعي .
الناقل العصبي النورايبينفرين .	الناقل العصبي أستيل كولين .
الليفة قبل العقدة أطول من التي بعدها .	الليفة بعد العقدة أطول من التي قبلها .
تبرز الليفة بعد العقدة من وسط الحبل الشوكي .	تبرز الليفة بعد العقدة من الدماغ والجزء السفلي من الحبل الشوكي .

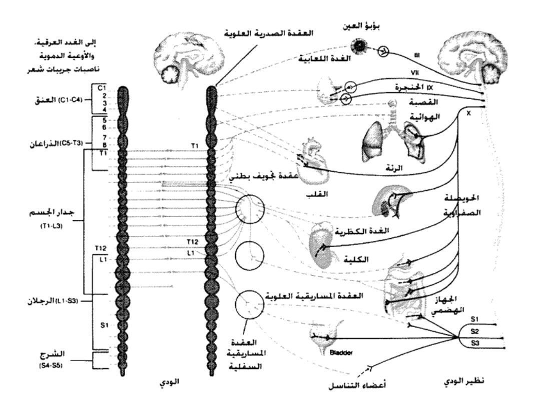
١٣-١- الجهاز العصبي الودي Sypmathetic Nervous System

تبرز الألياف قبل العقدة للجهاز العصبي الودي من الوسط ، أو الصدر - قطني (thorcic - lumbar) ، جزء من الحبل الشوكي ، وغالبا تنتهي مباشرة في العقد التي تقع قرب الحبل الشوكي شكل (١٣-١٦) .

والجهاز العصبي الودي مهم وبخاصة في أثناء حالات الطوارئ ، ويمكن أن يرتبط باستجابة الكر أو الفر (fight or flight response) . فعلى سبيل المثال ، فهو يثبط قناة الهضم ، لكنه يوسع حدقة العين ، ويسّرع ضربات القلب ، ويزيد معدل التنفس ، إذن الناقل العصبي الذي يتحرر بالمحاور بعد العقدة هو النورإيبينفرين ، مادة كيميائية قريبة في تركيبها من الإيبينفرين (الأدرينالين) وهي منبهة للقلب .

١٣-٢- الجهاز العصبي نظير الودي Parasympathetic Nervous System

تبرز الألياف قبل العقدة في الجهاز العصبي نظير الودي من الدماغ والجزء السفلي من الحبل الشوكي (العجزي) (sacral) . ولذا قد يسمى الجهاز الدماغي - العجزي (craniosacral system) وتنتهي الألياف قبل العقدة في العقد التي تقع قرب العضو أو داخله شكل (١٣-١٦) ، ويسمى الجهاز نظير الودي أحياناً جهاز حامي البيت ، فهو يعزز جميع الاستجابات الداخلية التي ترتبط مع حالة الاسترخاء ، مثل ، انقباض حدقة العين ، وهضم الطعام ، وتثبط ضربات القلب ، ويستخدم الجهاز نظير الودي الناقل العصبي أستيل كولين .



شكل (١٣-١٦) الجهاز العصبي الذاتي . الخطوط الملونة تشير إلى الأعصاب الودية ؛ والخطوط السوداء تشير إلى الأعصاب نظيرة الودية ؛ والخطوط المتقطعة تشير إلى الأعصاب بعد العقدة

١٤٠ الجهاز العصبي المركزي Central Nervous System

يتكون الجهاز العصبي المركزي من الحبل الشوكي والدماغ الذي يعتبر امتدادا وتوسعا للحبل الشوكي ، وتحمي العظام الجهاز العصبي المركزي : فالدماغ محفوظ داخل الجمجمة ، ويحاط الحبل الشوكي بالفقرات ، وأيضاً يحاط كل من الدماغ والحبل الشوكي بثلاث طبقات من أغشية حافظة تعرف بالسحايا (meninges) . والتهاب السحايا الشوكي (spinal meningitis) إصابة معروفة لهذه الأغشية . وتمتد القناة المركزية للحبل الشوكي في الدماغ حيث تتسع مكونة تجاويف يتصل بعضها ببعض بقنوات ، وهذه التجاويف تعرف بالبطينات (ventricles) ، وهي مملوءة بسائل مخ شوكي (cerebrospinal fluid) كما في القناة المركزية للحبل الشوكي .

ويحتوي الحبل الشوكي والدماغ مادة رمادية ومادة بيضاء . وتتكون المادة الرمادية من أجسام الخلايا والألياف القصيرة للعصبونات . وتتكون المادة البيضاء من الألياف الطويلة الميلينية للعصبونات البينية . ويتجمع بعضها معا في حزم تسمى ممرات ، وهي تمتد بين الدماغ والحبل الشوكي . وتتعارض الممرات بحيث يضبط الجانب الأيسر للدماغ العضلات الهيكلية في الجانب الأيمن من الجسم والعكس بالعكس .

١٤-١- الدماغ The Brain

الدماغ هو امتداد للحبل الشوكي . والمخ (cerebrum) شكل (١٣-١٧) أكبر وأهم جزء في الدماغ حيث فيه فقط يكمن الوعي .

١٤-١-١- الدماغ اللاواعي The Unconscious Brain

يتكون الدماغ اللاواعي من عدة مناطق مختلفة . النخاع المستطيل (medulla oblongata) ، يقع قريباً جدا من الحبل الشوكي . ويحتوي مراكز تنظيم دقات القلب ، والتنفس ، وانقباض الأوعية الدموية (ضغط الدم) ، وأيضا مراكز منعكسات القيء ، والسعال ، والعطاس ، والفواق ، والبلع .

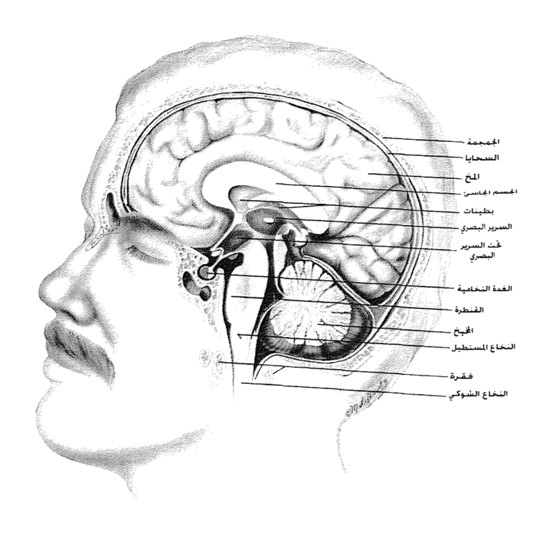
أ) تحت السرير البصري (hypothalamuls) يكوِّن الجدران السفلى وأرض التجويف الثالث في الدماغ . وهذا الجزء من الدماغ مسؤول عن الاتزان الداخلي ، ويحتوي مراكز تنظيم الجوع ، والنوم ، والعطش ، ودرجة حرارة الجسم ، وتوازن الماء ، وضغط الدم . ويضبط تحت السرير البصري الغدة الدرقية ، وبذلك يعمل تحت السرير البصري كرابطة بين الجهازين العصبي والغدد الصماء .

ويحتوي الدماغ المتوسط(midbrain) والقنطرة (pons) ممرات تربط المخ مع أجزاء الدماغ الأخرى . ويضبط الدماغ المتوسط حركات الرأس وكرة العين (eyeball) استجابة لمؤثرات السمع والرؤية . وتساعد القنطرة النخاع المستطيل على تنظيم معدل التنفس .

ب) السرير البصري (thalamus) تركيب بشكل البيضة ، يوجد في التجويف الثالث للدماغ ، وهو الجزء الأخير من الدماغ قبل المخ للإحساس الداخل (sensory input) : يعمل السرير البصري كمحطة ترحيل مركزية للسيالات الحسية التي تنتقل إلى أعلى من أجزاء أخرى من الحبل الشوكي والدماغ إلى المخ . كما يتلقى السرير البصري جميع السيالات الحسية (ماعدا تلك المرتبطة بحاسه الشم) ويوجهها إلى مناطق ملائمة من قشرة المخ من أجل تفسيرها ، ويسمى السرير البصري أحياناً حارس المخ ، لأنه يلتقط البيانات الحسية لإرسالها إلى المخ .

ويسمح لنا السرير البصري برفض معلومات حسية عرضية ، وتركيز انتباهنا إلى أمور أكثر أهمية .

جـ) المخيخ (cerebellum) ، تركيب ذو فصين ، ويشبه الفراشة ، وهو ثاني أكبر جزء في الدماغ بعد المخ شكل (١٣-١٧) ويقع خلف القنطرة والنخاع المستطيل . ويعمل المخيخ على التنسيق العضلي ؛ وذلك بتكامل السيالات التي يستقبلها من مراكز عليا لتؤكد بأن جميع العضلات الهيكلية تعمل معا لتنتج حركات ناعمة ورشيقة . والمخيخ أيضاً مسؤول عن استمرار نشاط عضلي طبيعي ، ونقل السيالات العصبية التي تحافظ على الوضع . ويتلقى المخيخ معلومات من الأذن الداخلية محددا وضع الجسم ، ويرسل سيالات عصبية إلى العضلات التي تحافظ على التوازن أو تعيده .



شكل (١٣-١٧) المخيخ

١٤-١-٢- الدماغ الواعي The Consious Brain

المخ ، الجزء الرئيس من الدماغ ، وأكبرها . ويتكون من كتلتين كبيرتين تسميان نصف كرتين مخيتين (cerebral hemispheres) ، يرتبطان معا بجسر من ألياف عصبية تسمى الجسم الجاسئ (corpus callosum) . الجزء الخارجي من نصفي الكرتين المخيتين ، وقشرة المخ (cerebral cotex) ، معقدة جدا ولونها رمادي ؛ لأنها تحتوي أجسام الخلايا وأليافاً قصيرة . والمخ فقط هو المسؤول عن الوعي ؛ لذلك هو الجزء من الدماغ الذي يتحكم في الذكاء والتفكير .

وتحتوي قشرة المخ لكل نصف كرة مخية أربعة فصوص سطحية ؛ أمامي (frontal) ، وجداري (Parietal) ، وصدغي (temporal) ، وقذالي (occipital) شكل (١٣-١٨) ، ولكل فص وظائف مختلفة . مثلاً ، الفص الأمامي يضبط الوظائف الحركية ، ويسمح لنا بضبط عضلاتنا بوعي . والفص الجداري يستقبل معلومات من مستقبلات موجودة في الجلد ، مثل تلك التي للمس ، والضغط ، والألم . والفص القذالي يفسر معلومات الرؤية . والفص الصدغي له مناطق حسية للسمع والشم .

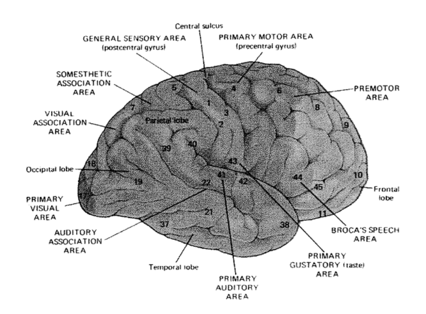
وتوجد مناطق معينة في قشرة المخ منظمة جدا . مثلاً ، بعض أجزاء من الفص الأمامي تضبط أجزاء متنوعة من الجسم ، وأي أجزاء من الفص الجداري يستقبل المعلومات الحسية من هذه الأجزاء نفسها . ويحتوي كل فص من الفصوص الأربعة لقشرة المخ منطقة مساعدة ، تتلقى معلومات من الفصوص الأخرى وتكاملها إلى مستويات أعلى وأعقد من الوعي . وهذه المناطق مسؤولة عن الذكاء ، والفن ، والقدرة على الخلق ، والتعلم ، والحفظ .

١٥• الجهاز الحافي The Limbic System

يؤثر الجهاز الحافي في أجزاء من كل من :

الدماغ الواعي واللاواعي . ويقع مباشرة بجانب قشرة الدماغ ، ويتضمن ممرات عصبية تربط أجزاء من الفصوص الأمامية ، والفصوص الصدغية ، والسرير البصري ،

وتحت السرير البصري . ويقع عدد من الكتل الرمادية عميقا في كل نصف كرة مخية ، تسمى النوى القاعدية (basal nuclei) وهي جزء من الجهاز الحافي . إن إثارة مناطق مختلفة من الجهاز الحافي تسبب غيظاً ، أو ألماً ، أو فرحاً ، أو حزناً .



شكل (١٣-١٨) خارطة لسطح جانبي لقشرة الدماغ موضحة بعض المناطق الفعالة ، المناطق (٤ ، ٦ ، ٨) مناطق حركية ؛ (motor areas) ، والمناطق (١ ، ٢ ، ٣ ، ١٧ ، ٤١ ، ٤٢ ، ٤٣) مناطق إحساس أولي (primary sensory areas) ؛ والمناطق (٩ ، ١٠ ، ١١ ، ١٨ ، ١٩ ، ٢٢ ، ٣٨ ، ٣٩ ، ٤٠) مناطق ربط (association areas) .

٠١٦ التعلم والحفظ Learning and Memory

يؤثر الجهاز الحافي أيضاً في عمليات التعلم والحفظ . ويحتاج التعلم إلى الحفظ . وأثبتت الدراسات أن التعلم مرتبط بزيادة عدد التشابكات العصبية . وبكلمات أخرى ، فإن أشكال دائرة العصب (nerve - circuit) تتغير دائماً ، مثل التعلم ، والتذكر ، والنسيان . في عصبون الفرد ، يرتبط التعلم في التنظيم الجيني ، وتصنيع بروتين العصب ، وزيادة قابلية إفراز المواد الناقلة .

وأثبتت الدراسات كذلك أن الجهاز الحافي ضروري لكل من الحفظ قصير الأمد وطويل الأمد . ومثال على الحفظ قصير الأمد القدرة على حفظ رقم هاتف وقتا يكفي لإدارة الرقم ؛ ومثال على الحفظ طويل الأمد تذكر أحداث اليوم . وبعد أن تدور السيالات العصبية في الجهاز الحافي ، تثير النوى القاعدية المناطق الحسية ، حيث تخزن الذكريات . واستخدام الجهاز الحافي يفسر لماذا تنتج الأحداث العاطفية المشحونة في ذكرياتنا المشرقة . إن الجهاز الحافي مرتبط بمناطق حسية للمس ، والشم ، والرؤية ، وأي قابلية لأي استجابة حسية لضعاف الذاكرة المعقدة .

٠١٧ الناقلات العصبية في الدماغ Neurotransmitters in the Brain

تتحرر الناقلات العصبية عند نهايات محاور تؤثر في جهد الغشاء للأغشية قبل التشابكية (postsynaptic membranes) . بعض الناقلات المثيرة هي أمينات ، مثل أستيل كولاين ، والنورإيبنفرين ، وسيروتونين ، ودوبامين . الأستيل كولاين ، والنورإيبنفرين هي ناقلات في الجهاز العصبي الذاتي (المستقل) . ويرتبط السيروتين والدوبامين مع حالات السلوك مثل المزاج ، والنوم ، والانتباه ، والتعلم ، والحفظ . إضافة إلى أن مشاعر الفرح ترتبط مع تحرر الدوبامين ، ومن الناقلات العصبية المثبطة الأحماض الأمينية ، حامض جاما أمينو بيوترك (gamma aminbuteric acid) وجلايسين .

علاوة على الناقلات العصبية التي ذكرت ، فقد اكتشف عدد من أنواع الببتيدات في الجهاز العصبي المركزي ، الإندورفينات (enderphins) .

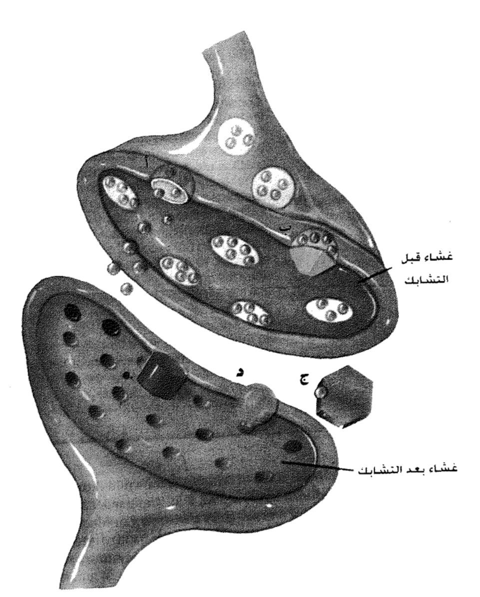
١٧-١- خلل الناقلات العصبية Neurotransmitter Disorders

لقد اكتشف أن سبب عدد من الأمراض العصبية ، مثل مرض الشلل الرعاشي (باركنزون) (Parkinson disease) ، ومرض هنتجتون (Huntington disease) ، هو عدم اتزان الناقلات العصبية . ويتصف مرض الشلل الرعاشي باتساع العيون ، وارتعاش لا إرادي للأصابع ، وصلابة العضلات ، والمشي متثاقلاً . وتعزى جميع هذه الأعراض إلى نقص الدوبامين . ويتصف مرض هنتجنتن بتدهور متدرج للجهاز العصبي ، ويؤدي إلى الجنون والموت . والسبب في هذا هو عجز الناقل العصبي المثبط حامض جاما أمينوبيوترك عن القيام بعمله . ومرض الزهمير (Alzheimer) حالة خرف حادة ، وهي ضياع ذاكرة ٥٪ -١٠٪ من الأفراد الذين أعمارهم فوق سن ٦٥ سنة ، ويمكن تمييز هذه الحالة ، بوجود انتشار كبير لبروتين بيتا في الدماغ .

١٨-٢- فعل عقاقير الجهاز العصبي Action of Neurological Drugs

العقاقير التي تبدل مزاج الشخص إما أن تعزز أو توقف فعل ناقل عصبي معين يوجد بشكل خاص في الجهاز الحافي . وتؤثر العقاقير في عمل الناقلات العصبية بعدد من الطرق شكل (١٣-١٩) ، وهو واضح كما في جدول (١٣-٣) بأن الإثارة يمكن أن تعزز عمل الناقل العصبي المثير أو توقف عمل الناقل العصبي المثبط . ومن جهة أخرى تستطيع المسكنات أن تعزز عمل الناقل العصبي المثبط أو توقف عمل الناقل العصبي المثير .

وتعتقد مجموعة من العلماء أن الناقل العصبي دوبامين يستخدم في حالات الفرح . مما يثبت هذه الحالة هي المعرفة بأن الكوكايين يتدخل في امتصاص الدوبامين من شقوق التشابكات العصبية كما تنتج العصبونات دوبامين ، الذي يعتبر جزءاً مهما في الجهاز الحافي .



شكل (١٣-١٩) فعل بعض العقاقير عند التشابك العصبي ، (أ) يحفز العقار تحرر الناقل العصبي . (ب) يوقف العقار تحرر الناقل العصبي . (ج) يتحد العقار مع الناقل العصبي . (د) يوقف العقار المستقبل ولذلك لا يتم استقبال الناقل العصبي . وبصورة عامة واحد فقط من هذه الأفعال يحدث عند التشابك

١٨٠ الخلاصة :

٠١ يتعاون الجهازان : العصبي والغدد الصماء على تنسيق أعمال أجهزة الجسم الأخرى .

١-٢- تنتقل المعلومات خلال الجهاز العصبي ، تبدأ بمستقبل ، وتنتقل إلى الجهاز العصبي المركزي خلال عصبونات موردة (حسية) . ويحدث التكامل في الجهاز العصبي المركزي ، وتنتقل السيالات العصبية بوساطة عصبونات مصدرة (حركية) إلى أعضاء الاستجابة .

١-٣- ينقسم الجهاز العصبي إلى جهاز عصبي مركزي وجهاز عصبي محيطي .

١-٤- يتكون الجهاز العصبي المركزي من الدماغ والحبل (النخاع) الشوكي .

١-٥- يتضمن الجهاز العصبي المحيطي ١٢ زوجاً من الأعصاب القحفية و٣١ زوجا من الأعصاب الشوكية .

١-٦- يقسم الجهاز العصبي المحيطي إلى قسمين : جسمي وذاتي .

١-٧- يضبط الجهاز العصبي الجسمي المثيرات الخارجية .

١-٨- يضبط الجهاز العصبي الذاتي البيئة الداخلية للجسم ، ويتضمن الجهازين الودي ونظير الودي .

٠٢ العصبون هو الوحدة الوظيفية والتركيبية في الجهاز العصبي .

٠٣ يتكون العصبون من جسم الخلية تبرز منه عدة شجيرات عصبية ومحور طويل محاط بغمد ميليني .

٠٤ العصبونات ثلاثة أنواع : حسية (موردة) تنقل الرسائل من أعضاء الإحساس إلى الجهاز العصبي المركزي . وعصبونات حركية (مصدرة) ، تنقل الرسائل من الجهاز العصبي المركزي إلى ألياف العضو المستجيب ، وعصبونات بينية (موصلة) توجد فقط في الجهاز العصبي المركزي ، وتنقل الرسائل بين مختلف أجزائه .

٠٦ السيال العصبي : هو ظاهرة كهروكيميائية . تستخدم أولاً حركة أيونات الصوديوم ، يليها حركة أيونات البوتاسيوم خلال الغشاء البلازمي للمحور .

٠٧ يحدث التوصيل الوثاب في الألياف النخاعية ، حيث يقفز جهد الفعل من عقدة رانفيير إلى أخرى . وهذا هو سبب السرعة الكبيرة للسيالات العصبية في هذه الألياف .

٠٨ التكامل العصبوني : هو عملية جمع وطرح جهود الفعل بعد التشابكية وقبل التشابكية ، تتحدد بموجبها الاستجابة .

٠٩ يحتاج النقل خلال التشابك العصبي ناقلات عصبية ؛ وذلك لوجود الشق التشابكي الذي يفصل عصبون عن عصبون آخر . وتتحرر الناقلات العصبية عند نهايات المحاور وهي إما مثيرة أو مثبطة .

٠١٠ الأستيل كولين والنورإيبنفرين من الناقلات العصبية المثيرة .

٠١١ يتضمن الفعل المنعكس البسيط استقبال المثير ، ونقل السيالات العصبية إلى الجهاز العصبي المركزي خلال العصبون المورد ، والتكامل في الجهاز العصبي المركزي ، ونقل السيالات العصبية خلال العصبون الحركي إلى عضو الاستجابة ، ومن ثم حدوث الاستجابة من ذلك العضو .

٠١٢ يرتبط الجهاز العصبي الودي باستجابة الكر أو الفر .

٠١٣ يعزز الجهاز العصبي نظير الودي الاستجابات الداخلية التي ترتبط مع حالة الاسترخاء .

٠١٤ في الدماغ ، ينظم النخاع المستطيل وتحت السرير البصري الأعضاء الداخلية . ويستقبل السرير البصري الإحساس ويمرره إلى المخ ، ويعمل المخيخ على تناسق العضلات .

٠١٥ المخ هو المسؤول عن الوعي ، والقدرة على الفهم ، وضبط الحركة ، وجميع العمليات العقلية الأخرى .

٠١٦ تعزى الأمراض العصبية إلى عدم توازن الناقلات العصبية في الدماغ .

١٩- أسئلة للتقويم الذاتي

أكمل ما يأتي :

٠١ تنقل العصبونات المورِدة المعلومات من .... إلى ....

٠٢ تسمى الروابط الوظيفية بين العصبونات ....

٠٣ تسمى التغيرات في البيئة التي يمكن للإنسان اكتشافها ....

٠٤ يتكون الجهاز العصبي المحيطي من تراكيب حسية و ....

٠٥تسمى الخلية العصبية .... وتسمى الخلايا الداعمة للأنسجة العصبية ....

٠٦ تتخصص الشجيرات العصبية بـ ....، ويعمل محور العصبون على ....

٠٧ الغلاف الخلوي للعصبون مهم في ....

٠٨ تنتج خلايا شوان في بعض العصبونات المحيطية كلا من .... و ....

٠٩ تتكون العقدة العصبية من كتلة ....

٠١٠ يعزى .... للعصبون بصورة رئيسة إلى انتشار البوتاسيوم خارج العصبون .

٠١١ .... يفتح بوابات الصوديوم سامحاً لأيونات الصوديوم بالدخول الى الخلية .

٠١٢ يسمى مرور أيونات الصوديوم إلى العصبون .... لغشاء الخلية .

٠١٣ تسمى موجة اللاإستقطاب التي تتحرك أسفل المحور سيال عصبي أو ....

١٤. لعدم وجود تنوع في شدة جهد الفعل ، فإن العصبون يخضع لقانون ....

١٥. يقفز اللاإستقطاب في التوصيل الوثاب على طول المحور من .... إلى ....

١٦.عندما يصل السيال العصبي العقد التشابكية ، فإنها تثير تحرر ....

١٧. الناقل العصبي الذي يثير تقلص عضلة هو ....

١٨. الاستجابة التلقائية لمثير يعتمد على علاقة تشريحية للعصبون المستخدم تسمى ....

١٩. في منعكس السحب الأنموذجي ، فإن مستقبلات الألم ترسل رسائل خلال العصبونات .... إلى .... حيث يحدث ....

٢٠. أي من المذكور تاليا أول عنصر وآخر عنصر في الانعكاس الشوكي؟

أ) المحور والشجيرات العصبية

ب) عضو الاحساس والمؤثر العضلي .

ج) الجذر البطني والجذر الظهري .

د) العصبون الحركي والعصبون الحسي .

٢١. ينقل العصب الشوكي النبضات العصبية .

أ) إلى الجهاز العصبي المركزي .

ب) بعيدا عن الجهاز العصبي المركزي .

ج) إلى الجهاز العصبي المركزي وبعيدا عنه .

د) ضمن الجهاز العصبي المركزي فقط .

٢٢. أي من العبارات الآتية تصف بصورة صحيحة انتشار الأيونات على أحد جانبي المحور عندما لا يكون هناك سيال عصبي :

أ) Na^+ خارجاً و K^+ داخلاً .

ب) K^+ خارجاً و Na^+ داخلاً .

ج) البروتين المشحون خارجاً ، Na^+ و K^+ داخلاً .

د) Na^+ و K^+ خارجاً ، والبروتين المشحون داخلاً .

٢٣. عندما يبدأ جهد الفعل ، تفتح بوابات الصوديوم ، سامحة لأيونات الصوديوم بعبور الغشاء البلازمي للمحور . الآن يتغير اللاإستقطاب إلى :

أ) سالب خارجاً وموجب داخلاً .

ب) موجب خارجاً وسالب داخلاً .

ج) لا يوجد اختلاف في الشحنة بين الداخل والخارج .

د) لا شيء مما ذكر .

٢٤. يتم انتقال السيال العصبي خلال التشابك العصبي بوساطة :

أ) حركة أيونات الصوديوم والبوتاسيوم .

ب) تحرر الناقلات العصبية .

ج) كلا من أ و ب .

د) لا شيء مما ذكر .

٢١٠ أسئلة للمراجعة

١٠ ما وظائف الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء بصورة عامة؟ كيف يختلفان فيما يتعلق بهذه الوظيفة .

٢٠ صف تركيب العصبون ، ووظيفة كل جزء .

٣٠ صنف العصبونات حسب الوظيفة ، واذكر وظيفة كل نوع .

٤٠ ما الأحداث الرئيسة لجهد الفعل والتغيرات الأيونية التي ترافق كل منها؟

٥٠ صف عمل الناقل العصبي عند التشابك العصبي ، موضحا كيفية تخزينه وكيفية إتلافه .

٦٠ قارن بين الجهاز العصبي المركزي والمحيطي من حيث التركيب والوظيفة .

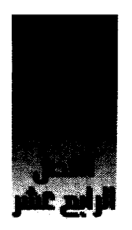
٧٠ تتبع طريق الانعكاس الشوكي .

٨٠ قارن بين الجهاز العصبي الودي ونظير الودي .

٩٠ اذكر الأجزاء الرئيسة للدماغ ، ووظيفة رئيسة لكل جزء .

١٠٠ اذكر بعضاً من الناقلات العصبية ، وصف بصورة عامة كيف أن أنواعاً مختلفة من العقاقير يمكن أن تؤثر في عمل الناقلات العصبية .

١١٠ وضح كيف يؤثر الجهاز الحافي في التعليم والحفظ .



أعضاء الإحساس

Sense Organs

المحتويات

٣-٤-١- العين

٣-٤-١-١- أجزاء العين ووظائفها

٣-٤-١-٢- عملية الرؤية

٠٤ الخلاصة

٠٥ أسئلة للتقويم الذاتي

٠٦ أسئلة للمراجعة

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادراً على أن :

٠١ تعرّف عضو الإحساس .

٠٢ تصنف أعضاء الإحساس حسب موقع المثير ، وحسب نوع الطاقة التي تستجيب لها .

٠٣ تشرح كيف تعمل أعضاء الإحساس .

٠٤ تعطي أمثلة على المستقبلات الآلية في الإنسان .

٠٥ تضع قائمة بتراكيب الأذن وتحدد وظيفة كل منها .

٠٦ تفسر كيف تعمل الأذن كعضو توازن .

٠٧ تصف عضو كورتي تشرح كيف يعمل ليسمح بالسمع .

٠٨ تصف مستقبلات الذوق .

٠٩ تصف مستقبلات الشم .

٠١٠ تصف المستقبلات الحرارية .

٠١١ تضع قائمة بأجزاء العين ، وتحدد وظيفة كل جزء .

٠١٢ تقارن بين عمل مستقبلات الضوء ، العصى والمخاريط .

٠١٣ تشرح عملية الرؤية .

تتلقى أعضاء الإحساس المثيرات الخارجية والداخلية ؛ لهذا تسمى مستقبلات (receptors) . وكل نوع من المستقبلات مخصص لاستقبال مثير معين ، مثلا ، تستجيب العيون للضوء فقط ، وتستجيب الأذن لموجات الصوت فقط . وعضو الإحساس بنية متخصصة تتكون من خلية مستقبلة (receptor cell) أو أكثر ، ومن خلايا مساعدة (accessory cells) في بعض الأحيان ، وتعمل الخلايا المساعدة على زيادة فاعلية الخلايا المستقبلة وتهيؤها للإستجابة لمؤثر ما بقدر معين . مثلا ، خلايا العصي والمخاريط موجودة على شبكية العين ، وهي خلايا مستقبلة في العين ، تستجيب للضوء . والتراكيب المصاحبة في العين هي : القرنية ، والعدسة ، والقزحية ، والخلايا الهدبية ، وتعمل هذه التراكيب على زيادة قدرة العين على التركيز وإحكام وضع صور واضحة للأشياء المرئية على الشبكية .

تكوّن خلايا الاستقبال نهايات عصبون أو خلايا متخصصة ملتصقة بالعصبون ، فبراعم التذوق في اللسان هي خلايا طلائية متصلة مع عصبون أو أكثر من العصبونات الحسية الخاصة بالذوق .

١٠ تصنيف أعضاء الإحساس Classification of Sense Organs

يمكن تصنيف أعضاء الإحساس إما حسب موقع المثير الذي تحس به المستقبلات ، أو حسب نوع الطاقة التي تستجيب لها . وهناك ثلاثة أنواع من المستقبلات حسب موقع المثير هي :

أ) **المستقبلات الخارجية** (exteroreceptors) : تستقبل المثيرات من البيئة الخارجية ، ويكتشف الإنسان العالم الخارجي من خلالها ، حيث يمكن البحث عن الطعام ، وتمييز أصدقائه ، ويتعلم .

ب) **المستقبلات الداخلية** (enteroreceptors) : تستقبل التغيرات في داخل الجسم ، كدرجة الحموضة (pH) ، والضغط الأسموزي ، ودرجة حرارة الجسم ، والتركيب الكيميائي للدم . وتشمل المستقبلات الداخلية أيضا أعضاء الإحساس

بالجوع والعطش والألم واللذة وغير ذلك مما له علاقة بالحفاظ على الاستتباب الداخلي للجسم .

جـ) **المستقبلات الذاتية** (propriceptors) : أعضاء إحساس في العضلات والأوتار والمفاصل ، وهي تسمح للإنسان أن يعي أوضاع جسمه واتجاهه ، وحركات أعضائه بالنسبة لبعضها . وتساعد هذه المستقبلات الإنسان على المأكل والملبس في الظلام .

ويمكن تصنيف أعضاء الاحساس حسب نوع الطاقة التي تستجيب لها إلى أربعة أنواع جدول (١٤-١) .

١)**مستقبلات آلية** (mechanoreceptors) : تستجيب للطاقة الآلية المرتبطة بتغيرات في الضغط والحركة ووضع الجسم والأمواج الصوتية . وتشمل حواس اللمس والضغط والسمع والتوازن .

٢) **مستقبلات كيميائية** (chemoreceptors) : تستجيب للمثيرات الكيميائية كالتغير في الأيونات والجزيئات المذابة في سوائل الجسم ، وتشمل حاستي الذوق والشم .

٣) **مستقبلات حرارية** (thermoreceptors) : تستجيب للمثيرات الحرارية من سخونة وبرودة ، وتشمل مستقبلات السخونة والبرودة في الجلد .

٤) **مستقبلات ضوئية** (photoreceptors) : تستجيب للطاقة الضوئية ضمن حدود الطيف المرئي ، وتشمل حاسة البصر .

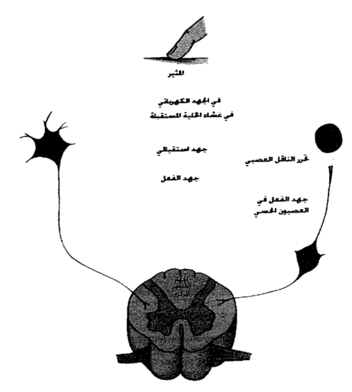
والإنسان له خمس حواس هي : اللمس (touch) والشم (smell) والذوق (taste) والرؤية (sight) والسمع (hearing) . ويميز التوازن كإحساس . واللمس حاسة مركبة تخدم تحديد الضغط ، والألم ، والحرارة .

جدول رقم (١٤-١) تصنيف أعضاء الإحساس في الإنسان حسب نوع الطاقة التي تستجيب لها

نوع المستقبل	أمثلة	المثير
٠١ مستقبلات آلية .	- مستقبلات لمس . - مستقبلات عضلية . - مستقبلات مفصل التيه . - الكييس والقربة . - القنوات الهلالية . - القوقعة .	- لمس ، ضغط . - حركة الجسم ووضعه . - تستكشف الحركة في الأربطة . - الجاذبية ، التسارع الخطي . - التسارع الزاوي . - ضغط موجات (صوت) .
٠٢ مستقبلات كيميائية .	- براعم ذوق ، طلائي شمي .	- مركبات كيميائية محددة .
٠٣ مستقبلات حرارية .	- نهايات أعصاب ومستقبلات في الجلد واللسان .	- حرارة .
٠٤ مستقبلات ضوئية .	- الشبكية في العين .	-طاقة ضوئية .

٠٢ عمل أعضاء الإحساس

تمتص خلايا الاستقبال طاقة سواء أكانت كيميائية ، أم ضوئية ، أم حرارية ، أم آلية ، وتحولها إلى طاقة كهربائية ، وينتج عن ذلك جهد استقبالي (receptor potential) في الخلايا الحسية أو النهايات العصبونية شكل (١٤-١) . وينجم الجهد الكهربائي الاستقبالي هذا عن التغيير المؤقت لتوزيع الشحنات على جانبي غشاء الخلية الحسية أو النهايات العصبونية ، ويؤدي هذا إلى تغيير في الجهد الكهربائي بين جانبي ذلك الغشاء نتيجة ما طرأ على نفاذيته للأيونات عند تعرضه للمؤثر .



شكل (١٤-١) كيفية عمل عضو الإحساس

والجدير بالذكر أن حساسية النهايات العصبية أو الخلايا الحسية للمؤثرات الخاصة بها ، أكثر من حساسية العصبونات التي تؤدي إليها تلك النهايات . فحساسية الخلايا العصوية والمخروطية الموجودة في شبكية العين ، التي تعمل كخلايا مستقبلة لموجات الضوء أكبر بكثير من حساسية العصب البصري نفسه لو تعرض هذا العصب للموجات الضوئية مباشرة . وكذلك حساسية براعم ذوق اللسان لمادة معينة أكثر من حساسية عصب الذوق الذي تؤدي إليه هذه البراعم . والخطوة التي تلي ظهور الجهد الكهربائي الاستقبالي في المستقبلات الحسية ، يعتمد على طبيعة المستقبل الحسي . فإذا كان المستقبل يمثل نهايات تفرعات تابعة لخلية عصبون حسي ، فإن الجهود الكهربائية الاستقبالية في هذه النهايات ستنتقل نحو أكمة (hillock) محور الخلية العصبية ، فإذا وصل الحاصل الجبري للجهود الاستقبالية في تلك النقطة إلى مستوى أعلى من مستوى العتبة ، فإنه سيتم توليد جهد الفعل (action potential) على شكل سيالة عصبية في العصبون الحسي . ثم تنتقل هذه

السيالة العصبية إلى المكان المخصص لها في الجهاز العصبي المركزي ، الذي يترجم نوع الإحساس لتحديد ماهيته .

أما إذا كان المستقبل الحسي خلية مستقبلة متخصصة غير عصبونية ، فإن الجهد الاستقبالي في هذه الخلية يؤدي إلى إفراز مادة ناقلة عصبية (neurotransmitter) من الخلية نفسها ، تعمل كمؤثر في العصبونات الحسية المتصلة بها ، بحيث تولد في كل منها جهد فعل (سيالة عصبية) ، ينتقل إلى المكان المخصص له في الجهاز العصبي المركزي لترجمة نوع الإحساس وتحديد ماهيته .

ويمكن تحديد مدى قوة المؤثر وطبيعته في المستقبل بالاعتماد على الحقائق الآتية :

١ ٠ يزداد الجهد الاستقبالي الحسي بزيادة شدة المؤثر (strength of stimulus) وبزيادة فترة حدوثه (duration of stimulus) .

٢ ٠ جهد الفعل المتولد في العصبون الحسي يتبع قانون الكل أو العدم (all or non low) .

٣ ٠ كلما زادت شدة المؤثر زاد عدد المستقبلات الحسية المستثارة ، وزاد تبعا لذلك عدد العصبونات الحسية التي تنقل السيالات العصبية إلى الجهاز العصبي المركزي .

٤ ٠ كلما زادت قوة الجهد الاستقبالي الحسي ، تولدت جهود فعل بترددات أسرع .

ورغم أن قوة كل جهد من جهود الفعل لا تتغير بتغير شدة المؤثر تبعا لقانون الكل أو العدم ، فإن زيادة شدة المؤثر أو زيادة مدة حدوثه أو زيادتهما معا ، ستؤدي إلى زيادة الجهد الاستقبالي للمستقبل الحسي ، فتؤدي هذه الزيادة إلى زيادة عدد جهود الفعل (السيالات العصبية) في العصبونات الحسية المستثارة . وإذا أضفنا إلى هذا إمكانية استثارة عدد أكبر من العصبونات نتيجة زيادة شدة المؤثر ، وهذا يفسر ظاهرة التمييز بين المستويات المختلفة لشدة مؤثر ما إلى جانب تحديد ماهيته .

٣- أنواع المستقبلات الحسية وأعضاء الإحساس

٣-١- المستقبلات الآلية Mechanoreceptors

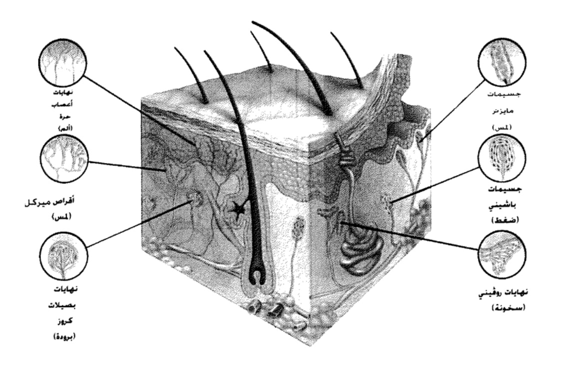
المستقبلات الآلية حساسة للمثيرات الآلية ، مثل الضغط واللمس والألم والتوتر العضلي والصوت والجاذبية والحركة .

وبعض أعضاء الإحساس هذه مسؤولة عن المحافظة على وضع الجسم بالنسبة للجاذبية ، وذلك بجعل الرأس إلى الأعلى والأرجل إلى الأسفل . كما أن المستقبلات الحسية الآلية مسؤولة عن المحافظة على وضع أجزاء الجسم بالنسبة لبعضها بعضا . وهذه المعلومات ضرورية لجميع أشكال الحركة والتنسيق وحركات الهيكل العظمي . إضافة إلى أن المستقبلات الحسية الآلية تزودنا بالمعلومات عن الشكل ، والملمس ، والوزن للأشياء في البيئة الخارجية . وتؤثر المستقبلات الحسية الآلية في بعض عمليات أعضاء داخلية . مثلا ، تزودنا بمعلومات عن وجود طعام في المعدة ، وغائط في المستقيم ، وبول في المثانة البولية ، أو جنين في الرحم .

٣-١-١- مستقبلات اللمس Tactile Receptors

أبسط مستقبلات اللمس هي نهايات عصبية حرة في الجلد ، وتثار مباشرة بالملامسة المباشرة مع أي جسم . ومستقبلات اللمس الأكثر تعقيدا موجودة عند قاعدة الشعرة شكل (١٤-٢) .

وتعزى حاسة اللمس بوضوح في جلد الإنسان ، وبخاصة في نهايات أصابع اليدين والقدمين إلى العدد الكبير من أعضاء الإحساس المتنوعة (شكل ١٤-٢) .



شكل (١٤-٢) المستقبلات في جلد الإنسان

وتوجد مستقبلات الإحساس باللمس ، والحرارة أو البرودة ، والألم ، في مواقع مختلفة من الجلد . وعند مقارنة انتشار الأنواع المختلفة من أعضاء الإحساس وأنواع الإحساس الناتجة ، وجد أن نهايات الأعصاب الحرة (free nerve endings) مسؤولة عن إدراك الألم ، وجسيمات مايزنر (Meissner's corpuscles) مسؤولة عن اللمس ، وأقراص مركل (Merkel's disks) مسؤولة عن اللمس أيضاً ، ومسؤولة عن السخونة أيضاً ، ونهايات أعضاء روفيني (Ruffinins's end organs) ، وجسيمات باشيني (Pacinian corpuscles) مستقبلات اللمس العميقة ، ونهايات بصيلات كروز (Kraus end bullos) مسؤولة عن البرودة .

وقد تم دراسة جسيم باشيني بشكل خاص وجيد . حيث تحاط نهاية العصب بمحفظة تتكون من طبقات من النسيج الضام ، مغمورة بسائل . وإذا تعرض إلى

ضغط ، يتم تحوير في نهايته العصبية ، وهذا يؤدي الى جهد استقبالي يزداد بزيادة المؤثر ، فاذا وصل هذا الجهد إلى مستوى العتبة تولدت سيالة عصبية في العصبون الحسي المتصل بجسيم باشيني ، ويحدث الإحساس . ولمستقبلات اللمس قدرة كبيرة على التكيف بعد فترة قصيرة .

ومستقبلات الألم عبارة عن نهايات عصبية غير متخصصة يمكن استثارتها بوساطة مؤثرات في الأنسجة التالفة ، إما بشكل مباشر كما في الجروح أو الالتهابات ، أو بشكل غير مباشر مثل إفراز بعض المواد الكيميائية ، كمادة الهستامين .

٣-١-٢- مستقبلات الجاذبية Gravity Receptors

توجد مستقبلات الجاذبية في الأذن الداخلية ، وبداخلها حبيبات كلسية تحدد وضع الجسم بالنسبة للجاذبية ، وعليه فإنها تسهم في ضبط التوازن لجسم الإنسان ، وسيتضح ذلك بشيء من التفصيل لاحقاً .

٣-١-٣- المستقبلات الذاتية proprioceptors .

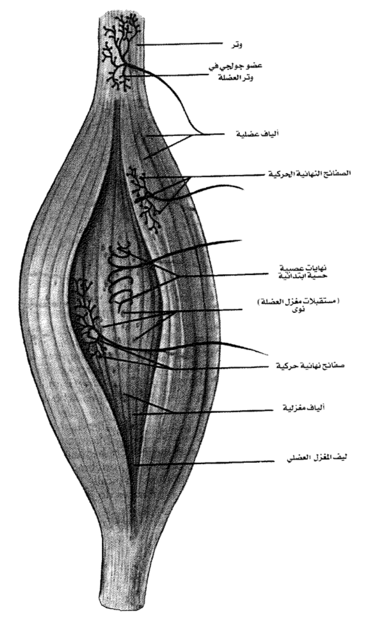
المستقبلات الذاتية : أعضاء إحساس تستجيب بشكل مستمر للشد والحركة في العضلات والمفاصل . وتتميز هذه المستقبلات أن نظام إحساسها يتم بشكل مستمر مادام المؤثر موجوداً ، لذا فإن المعلومات الواردة إلى الجهاز العصبي المركزي عن وضع عضلة أو مفصل معين يستمر تزويدها مادام هناك حاجة لهذه المعلومات .

ويحتوي جسم الإنسان ثلاثة أنواع رئيسة من المستقبلات الذاتية هي :

أ) **المغزل العضلي** (muscle spindle) : وهي تستكشف حركة العضلة ، وهي نوع من مستقبلات الشد (stretch receptorsl) التي تنتشر على هيئة نهايات عصبية ابتدائية وثانوية بين الألياف العضلية في مغزل العضلة شكل (١٤-٣) .

ب) **أعضاء جولجي في وتر العضلة** (Golgitendon organs) : وهي مستقبلات حسية تحدد مدى شد وتر العضلة الذي يربط جسم العضلة بالعظم .

ج) **مستقبلات المفاصل** (Joint receptors) : وهي التي تستكشف الحركة في أربطة المفاصل .



شكل (١٤-٣) المغزل العضلي وعضو جولجي في وتر العضلة

٣-١-٤- مستقبلات التوازن Equilibrium Receptors

إضافة إلى استكشاف الإنسان للأحداث داخل جسمه وخارجه ، عليه أيضا أن يحس باتجاهه ، ويحدد وضع جسمه . وحالة الإتزان أو التوفيق بين قوى متضادة تجعل الإنسان يحافظ على هذا الاتجاه ، وهذا ما يعرف بالتوازن . وتسهم مستقبلات الجاذبية في تحديد وضع الجسم واتجاهات أجزائه بالنسبة لجاذبية الأرض . ويعتمد ضبط توازن جسم الإنسان على عدة حواس تشمل البصر ومستقبلات العضلات والمفاصل ومستقبلات الضغط في أخمص القدمين . هذا إضافة إلى الجهاز الدهليزي (vesrtibular apparatus) في الأذن الداخلية .

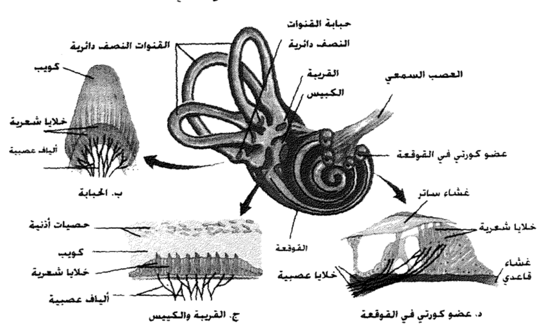
٣-٤-٤-١- تيه الأذن The Labyrinth of the Ear

عندما نفكر بالأذن ، فإننا نفكر بالسمع ، وفي الإنسان كما في جميع الفقاريات ، الوظيفة الأساسية للأذن هي المساعدة على المحافظة على التوازن . كما تحتوي الأذن مستقبلات الجاذبية .

وتتكون الأذن الداخلية من مجموعة معقدة من قنوات وأكياس متصلة معا ، تكون التيه (labyrinth) . ويتكون التيه من فجوتين تشبهان الكيس هما : الكييس (saccule) ، والقريبة (utricle) ، وثلاث قنوات نصف دائرية (semicircular canals) ، وتركيب يشبه الحلزونة يعرف بالقوقعة (cochlea) شكل (١٤-٤) .

والكييس ، والقريبة والقنوات نصف الدائرية ، تكون مجتمعة الجهاز الدهليزي ، ويؤدي تخريب الجهاز الدهليزي إلى فقدان كبير في الإحساس بالتوازن .

وتوجد مكتشفات الجاذبية على شكل أحجار صغيرة من كربونات الكالسيوم في الكييس ، والقريبة ، وتسمى حصيات أذنية (otoliths) .

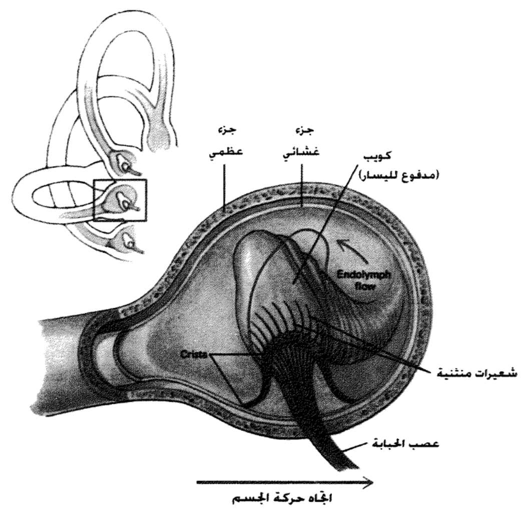


شكل (١٤-٤) الأذن الداخلية

وتتكون الخلايا الحسية لهذه التراكيب من مجموعات من خلايا شعرية محاطة عند قممها بقمع جيلاتيني تسمى كويْب (cupula) . وتقع الخلايا المستقبلة في الكييس والقريبة في مستويات مختلفة . ومن الطبيعي أن يجعل شد الجاذبية الحصيات الأذنية تضغط ضد خلايا شعرية معينة ، وتثيرها لتبدأ سيالات عصبية ترسل إلى الدماغ بوساطة ألياف عصبية حسية عند قواعدها . وعند ميلان الرأس ، أو في التسارع الخطي (linnear acceleration) (التغير في السرعة عندما يتحرك الجسم في خط مستقيم) ، تضغط الحصيات الأذنية على شعيرات خلايا أخرى وتثيرها . وهذا يجعل الإنسان قادرا على تحديد اتجاه الجاذبية ومدى التسارع أو التباطؤ عندما يكون الرأس في أي اتجاه .

تزودنا القنوات نصف الدائرية الثلاث بالمعلومات عن الحركات الدورانية المعروفة بالتسارع الزاوي (angular accelaration) . وتتصل كل قناة مع القريبة ، وتكون

زاوية قائمة مع كل من القناتين الأخريتين مثل جوانب العلبة ، حيث تلتقي عند الزاوية . وكل قناة مملوءة بسائل يسمى الليمف الداخلي (endolymph) . ويوجد عند إحدى فتحتي كل قناة انتفاخ صغير يسمى الحبابة (ampulla) يصلها مع القريبة . ويوجد داخل كل حبابة مجموعة متراصة من الخلايا المستقبلة المهدبة تسمى العرف (crista) ، وتوجد مثل هذه الخلايا في القريبة والكييس ولكنها لا تحتوي حصيات أذنية ، وتثار خلايا الاستقبال هذه بحركة الليمف الداخلي في القنوات نصف الدائرية شكل (١٤-٥) .



شكل (١٤-٥) حركة الليمف الداخلي في القنوات نصف الدائرية للحبابة تشوه القبة . وتنثني الخلايا الشعرية للقبة ، وتنقل أي تغير إلى الدماغ بوساطة العصب الدهليزي

وعندما يدار الرأس ، يوجد تباطؤ في حركة السائل داخل القنوات ؛ لذلك تتحرك الخلايا الشعرية نسبة للسائل وتثار بجريانه . وينتج عن هذه الإثارة الشعور بالدوران ، إضافة إلى حركات انعكاسية معينة كحركات العينين والرأس في اتجاه معاكس للدوران الأصلي .

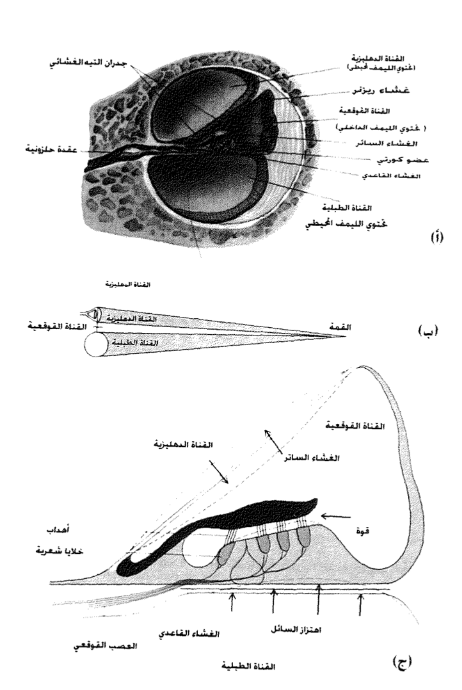
وبما أن القنوات نصف الدائرية الثلاث موجودة في ثلاثة مستويات مختلفة ، فإن حركة الرأس في أي اتجاه يثير حركة السائل في قناة واحدة على الأقل .

ويتحرك الإنسان في مستوى أفقي ، مما يثير القنوات نصف الدائرية ، ولا يستخدم الحركات العمودية الموازية لمحور الجسم الطويل . والحركات مثل حركات المصاعد ، أو السفن ، تثير القنوات نصف الدائرية بطريقة غير عادية ، ويمكن أن يسبب دوار البحر (sea sickness) أو دوار الحركة (motion sickness) ، وينتج عنها التقيؤ . وعندما يتأثر الشخص جداً بالإصابة يقع أرضاً ، وتثير الحركة القنوات نصف الدائرية في طرق مختلفة .

٣-٤-٤-٢- مستقبلات الصوت Auditory Receptors

السمع حاسة مهمة في الإنسان ، وهي متطورة وتعتمد على القوقعة ، وهي تركيب في الأذن الداخلية تحتوي خلايا شعرية كمستقبل آلي تستكشف أمواج الضغط شكل (١٤-٦أ) .

والقوقعة جزء من تية الأذن الداخلية ، وهي أنبوب حلزوني ملتف لفتين ونصف لفة . ولو كانت القوقعة غير ملتفة كما في الشكل (١٤-٦ب) ، فإنها تبدو أنها تتكون من ثلاث قنوات مفصولة عن بعضها بعضا بأغشية رقيقة ، وتلتقي في نقطة عند القمة قناتان من هذه القنوات ، القناة الدهليزية (vestibular canal) أو (scala vestibuli) ، والقناة الطبلية(tympanic canal) أو (scala tympani) ، ترتبطان معا عند قمة القوقعة ، وهما مملوءتان بسائل يعرف بالليمف المحيطي (perilymph) . والقناة الوسطى هي القناة القوقعية (cochlear duct) أو (scala media) مملوءة بالليمف الداخلي (endolymph) ، وتحتوي المستقبل السمعي الحقيقي عضو كورتي (organ of corti) شكل (١٤-٦ج) .



شكل (١٤-٦) القوقعة جزء من الأذن الداخلية وهي المسؤولة عن السمع (أ)قطاع عرضي في القوقعة (ب) شكل تخطيطي لقوقعة غير ملتفة ومرسومة بخط مستقيم (ج) كيفية عمل عضو كورتي .

ويحتوي كل عضو كورتي نحو ٢٤٠٠٠ خلية شعرية، تترتب في: ٤-٥ صفوف على طول القوقعة: وكل خلية مزدودة ببروز يشبه الشعرة يمتد في القناة القوقعية. وتقع هذه الخلايا على الغشاء القاعدي (basilar membrane)، الذي يفصل القوقعة عن القناة الطبلية. وفوق الخلايا الشعرية غشاء آخر هو الغشاء الساتر (tectorial membrane)، وهو مثبت من الجهة التي تقع عليه الخلايا الشعرية، وحر من الجهة الأخرى الممتدة داخل القناة القوقعية. والخلايا الشعرية هي التي تبدأ السيالات العصبية في ألياف عصب القوقعة (العصب السمعي) (auditory nerve)، الذي ينقل السيالات العصبية إلى الدماغ لتحليلها والتعرف عليها، فكيف يتم ذلك؟

لا بد إذن من معرفة تركيب الأذن شكل (١٤-٧)، كما يوضح جدول (١٤-٢) أهم أجزاء الأذن ووظائفها.

تتألف الأذن الخارجية من الصيوان (pinna) والقناة السمعية الخارجية (external auditory canal)، وطبلة الأذن (eardrum)، وهي غشاء يفصل بين الأذن الخارجية والأذن الوسطى، ويتركب الصيوان من غضروف مرن مغطى بطبقة جلد، وهو يوجه الأمواج الصوتية نحو القناة السمعية، ويبلغ طولها نحو ٢,٥ سم. ويوجد في بداية هذه القناة شعيرات دقيقة وغدد دهنية وغدد متحورة لإفراز مواد شمعية تسمى صملاخ (شمع) الأذن (ear wax)، ولهذه الشعيرات والغدد أهمية كبيرة في منع الأجسام الغريبة والحشرات من الوصول إلى الطبلة. وللقناة السمعية خصائص رنينية تساعد على زيادة ضغط الأمواج الصوتية على الطبلة ضمن حدود معينة مناسبة لموجات الكلام التي تتراوح عادة ما بين ٢٥٠٠- ٥٠٠٠ دورة / ثانية.

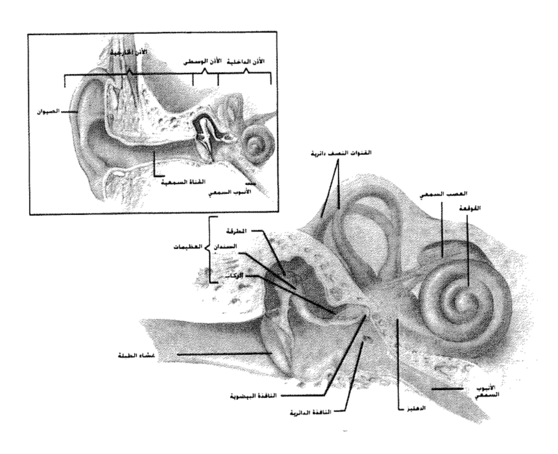
جدول (١٤-٢) أجزاء الأذن ووظائفها

الجزء	الوظيفة
الأذن الخارجية	
- الصيوان	يجمع موجات الصوت
- قناة سمعية	تمرر الموجات الصوتية
الأذن الوسطى	
- غشاء الطبلة والعظيمات	تكبر موجات الصوت
الأذن الداخلية	
- الفتحة البيضاوية	تبدأ موجات الضغط
- القوقعة	تنقل موجات الضغط
- عضو كورتي	مستقبل السمع
- القربة والكييس	تسكن التوازن (توازن ساكن)
- القنوات نصف الدائرية	تحرك التوازن (توازن متحرك) .

والأذن الوسطى تلي طبلة الأذن ، وهي عبارة عن حجرة مملوءة بالهواء ، ويفصلها عن الأذن الداخلية جدار عظمي فيه فتحتان : فتحة علوية تعرف بالنافذة البيضوية (oval window) ، ويسدها قرص عظمي متحرك يتبع لإحدى عظيمات الأذن الوسطى (الركاب) . وفتحة سفلية تعرف بالنافذة الدائرية (round window) ، وهي مغطاة بغشاء رقيق . ويوجد بالأذن الوسطى ثلاث عظيمات صغيرة سميت نسبة لأشكالها ، وهي :

المطرقة (hammer or malleus) والسندان(anvil or incus) والركاب (stirrup or stapes) ، وتعمل هذه العظيمات الثلاث كجسر متمفصل يربط بين طبلة الأذن والنافذة البيضوية التي تؤدي إلى الأذن الداخلية . ونسبة مساحة سطح طبلة الأذن إلى مساحة قرص النافذة البيضوية التابع لعظيمة الركاب والمسمى الصفيحة القدمية الركابية هي ١ :١٥ . وهذا يعني أن ضغط الهواء على طبلة الأذن سيتضاعف ١٥ مرة عندما يصل إلى غشاء النافذة البيضوية الذي يفصل بين الأذن الوسطى والقناة الدهليزية من الأذن الداخلية ، وتبلغ هذه النسبة ١ :٢٠ ؛ وذلك لأن العظيمات

الثلاث تعمل على مبدأ الروافع ، ومن هنا برزت أهمية عظيمات الأذن الوسطى .



٤-١-٤-٣- آلية الإحساس بالموجات الصوتية

تتجمع الموجات الصوتية بوساطة صيوان الأذن ، وتدخل القناة السمعية الخارجية ، وهذه تعمل كوعاء رنين ، وبذلك يركز ضغط الموجات الصوتية على الطبلة . وتسبب هذه الموجات اهتزازات في غشاء الطبلة ، وتنتقل عبر عظيمات الأذن الوسطى ، وتحرك قرص الصفيحة القدمية الركابية في النافذة البيضوية بضغط يبلغ ٢٠ ضعفا من الضغط الذي وقع على الطبلة ، وبعدها تنتقل الاهتزازات التي أحدثتها حركة القرص إلى الليمف المحيطي في القناة الدهليزية . وتنتقل الأمواج الصوتية عند نهاية القناة الدهليزية إلى الوراء خلال القناة الطبلية التي تنتهي بغشاء النافذة

الدائرية . وبعد ذلك تنتقل حركة الليمف المحيطي في كل من القناتين الدهليزية والطبلية إلى الغشاء القاعدي في القناة القوقعية الوسطى التي فيها عضو كورتي وما به من خلايا مهدبة مستقبلة ، ويؤدي اهتزاز هذا الغشاء إلى إثارة الخلايا المهدبة من خلال احتكاك أهدابها مع الغشاء الساتر ، مما يؤدي إلى توليد جهد استقبالي فيها ، وهذا يؤدي بدوره إلى توليد سيالة عصبية في العصبونات السمعية المتصلة بتلك الخلايا ، وتنتقل هذه السيالة العصبية بوساطة العصب السمعي إلى الدماغ .

وتختلف الأصوات في النغمة (طبقة الصوت) ، والعلو والنبرة . وتعتمد النغمة على التردد (التواتر) ، حيث تنتج اهتزازات التردد المنخفض الإحساس بنغمة منخفضة ، بينما تنتج اهتزازات التردد العالي الإحساس بنغمة عالية . السيالات العصبية الناتجة عن ترددات الأصوات حتى ٤٠٠ دورة في الدقيقة لها نفس الأصوات المسببة لها . وعند ترددات الأصوات أقل من ٦٠ دورة في الدقيقة ، يهتز الغشاء القاعدي الداخلي . وجهود الفعل عند عصب القوقعة التي تعكس نغمة الصوت ، وهذه هي التي تعطي معلومات للدماغ عن النغمة . والترددات أكثر من ٦٠ دورة في الدقيقة تنتج في الغشاء القاعدي اهتزازات غير متساوية على طوله . تعطي أصواتاً لتردد ما صدى موجات في سائل القوقعة ، وهذا يسبب اهتزاز قطاع معين من الغشاء القاعدي . وتثير الاهتزازات مجموعة معينة من خلايا شعرية في هذا القطاع . ويحس الدماغ في هذه الطريقة بنغمة الصوت ؛ وذلك بأخذ ملاحظة من خلايا شعرية خاصة تثار . وبذلك يميز الدماغ نغمات معينة بوساطة تردد السيالات العصبية التي تصله ، وكذلك بوساطة الألياف العصبية التي تحمل السيالات العصبية . تحس أذن الإنسان بالأمواج الصوتية ذات الترددات ما بين ٢٠-٢٠٠٠٠ ذبذبة في الثانية . لكنها أكثر حساسية للأصوات ذات الترددات ما بين ١٠٠٠-٤٠٠٠ ذبذبة في الثانية .

ويمكن أن يحدث الصمم بسبب إصابة في جزء من أجزاء الأذن الثلاثة ، الخارجية ، أو الوسطى ، أو الداخلية أو بسبب سوء عمل إحداهن . فقد تسد الأذن الخارجية بالشمع الذي تفرزه الغدد في جدارها ؛ وقد تلتحم عظميات الأذن الوسطى

بعد *إصابة ما*، ونادرا بسبب التهاب الأذن الداخلية أو العصب السمعي أو بسبب الحرارة التي قد تصاحب بعض الأمراض . وعندما تتعرض الأذن لصوت شديد ، يتضرر عضو كورتي .

٣-٢- المستقبلات الكيميائية Chemoreceptors

المستقبلات المسؤولة عن الذوق (taste) والشم (olfaction) تسمى مستقبلات حسية كيميائية . إن حاسة الذوق محدودة الاستجابة للمواد الكيميائية وأقل حساسية من حاسة الشم . ويقع مركزا الذوق والشم في مكانين مختلفين من الدماغ .

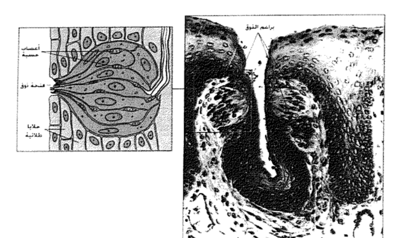
٣-٢-١- حاسة الذوق

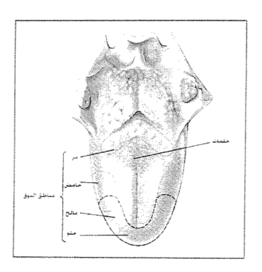
مستقبلات حاسة الذوق هي براعم الذوق (taste buds) ، وهي تتجمع في حليمات الذوق (taste papiloe) على اللسان وسقف الحلق والبلعوم ، واللهاة .

ويتركب كل برعم ذوقي من خلايا مستقبلة محدودة العدد ، وهي عبارة عن خلايا طلائية متخصصة يحيط بها عدد من الخلايا الداعمة . ويفتح في كل برعم ثقب يسمى ثقب الذوق (taste pore) ، تبرز منه خميلات (microvilli) ، وتثار هذه الخميلات بمواد كيميائية متنوعة ، شكل (١٤-٨أ) .

وتتصل خلايا برعم الذوق من الجهة الأخرى بنهايات عصبونية حسية لنقل السيالات العصبية عبر العصبونات إلى الدماغ . وتتعرض براعم الذوق إلى التلف باستمرار نتيجة تعرضها لأنواع مختلفة من الطعام بدرجات حرارة مختلفة ، لذا تستبدل هذه الخلايا باستمرار ، ويتم استبدال برعم الذوق مرة كل ٥ - ١٠ أيام .

يتذوق الإنسان أربعة أنواع رئيسة من الطعام ، هي :الحلو (sweet) ، والمر (bitter) ، والحامض (sour) ، والمالح (salt) . ويتذوق كل نوع منطقة خاصة من اللسان ، فالبراعم المخصصة للإحساس بالطعم الحلو موجودة في مقدمة اللسان ، وعلى جانبي اللسان البراعم المخصصة للإحساس بالطعمين الحامض والمالح ، والبراعم المخصصة للإحساس بالطعم المر في قاعدة اللسان شكل (١٤-٨ب) . وبراعم





شكل (١٤-٨) موقع وتركيب براعم الذوق

الإحساس بالمذاق المر هي أكثر البراعم حساسية ، ويعتقد البعض أن هذا الأمر مرده إلى أن الكثير من المواد الضارة بالإنسان مذاقها مر ، يحتاج للإحساس به بفعالية لتفادي بلعه . وعلى الرغم من توزيع براعم الذوق ، إلا أنه لا يوجد برعم ذوق تقتصر حساسيته على نوع واحد من الطعم . ويتأثر كل مستقبل حسي للذوق بأكثر من نوع واحد من الكيميائيات ، ولكن لا يتشابه اثنان تماما ويكون لهما نفس التأثير . ولهذا تختلف الإشارات المرسلة إلى الدماغ باختلاف الكيميائيات .

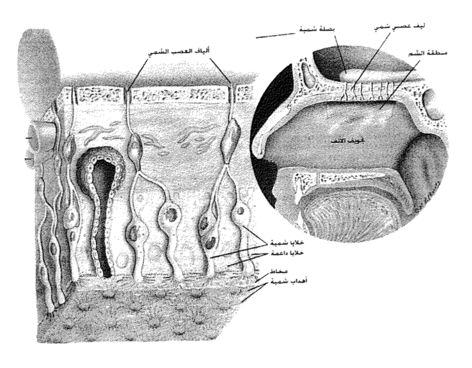
والجدير بالذكر أن تحديد نكهة الطعام والشراب لا تعتمد على حاسة الذوق

وحـدها ، بل على حـاسـة الشم وطبـيـعـة المادة ؛ هل هي سـائلة ، أم صلبـة ، أم هلامية . . . . الخ ، وتعتمد أيضا على درجة حرارتها . فنكهة الطعام البارد تختلف عنه إذا كان ساخنا . كما أن بعض مواد الطعام يمكن أن تتطاير عند تسخينها مثيرة مستقبلات الشم لتلعب دورها في تحديد النكهة .

٣-٢-٢- حاسة الشم

حاسة الشم أكثر تعقيدا من حاسة الذوق . وتسمى مستقبلات الشم خلايا شمية (alfactory cells) ، و(alfactus) كلمة يونانية تعني الشم) ، وهذه موجودة في الطبقة الطلائية الشمية الموجودة في سقف تجويف الأنف ، إضافة إلى خلايا داعمة وخلايا قاعدية . شكل (١٤-٩) .

وخلايا الشم عبارة عن عصبونات متكيفة تتشابك مع ألياف عصبية مكونة عصبا شميا ينقل السيالات العصبية إلى الدماغ . ويوجد في الأنف نحو ٢٠ مليون خلية



شكل (١٤-٩) موقع وتركيب الخلايا الطلائية الشمية

شمية مستقبلة . وتحمل عند نهاياتها القريبة من التجويف الأنفي شعيرات تظهر على شكل أهداب تنتشر في الطبقة المخاطية المبطنة لسقف تجويف الأنف .

وكيفية الشم لا تزال غير معروفة تماما ، وأكثر النظريات قبولاً هي النظرية المجسمة الكيميائية (stereochemical theory) ، وتفترض هذه النظرية وجود مستقبلات بروتينية خاصة على سطوح خلايا مستقبلة متخصصة بالشم تتخلل النسيج الطلائي المبطن لسقف تجويف الأنف . وتثار هذه الخلايا لأن المادة المسؤولة عن رائحة ما ترتبط مع المستقبل البروتيني الخاص بها ارتباطا فيزيائيا يعتمد على الشكل الفراغي المجسم لجزيء المادة ، ويعتمد كذلك على شكل المستقبل البروتيني المتكامل مع هذا الشكل ، ولهذا يحصل توافق بينهما . ويؤدي هذا التفاعل الفيزيائي (physical interaction) إلى تغيير في نفاذية غشاء الخلية المستقبلة ، ويسبب هذا التغيير حدوث جهد استقبالي في الخلية ، يتبعه توليد سيالة عصبية في العصبون الحسي الشمي ، وتنتشر المستقبلات البروتينية المسؤولة عن شم الروائح المختلفة على أهداب الخلايا الشمية المستقبلة .

ويمكن أن ترتبط الخلايا الشمية مع نحو ٥٠ نوعاً من المواد الكيميائية ، حسب نوع المستقبل البروتيني الموجود على سطح كل منها ، وبذلك تمتزج الإحساسات الشمية بقدرات مختلفة ، مما يسبب شم أعداد كبيرة من الروائح المختلفة مهما قلت نسبتها في الجو . ويستطيع الإنسان ان يميز نحو ١٠,٠٠٠ نوع من الروائح المختلفة .

إن حاسة الشم هي أكثر الحواس قدرة على التكيف ، فبعد شم رائحة معينة تستطيع مستقبلات الشم التكيف لهذه الرائحة خلال ثوان ، ويتعود عليها الانسان خلال دقائق . ويمكن تفسير عملية التكيف ، بأن العصبون الحسي يصبح أقل استجابة للمؤثر ، أو أن الجهد الاستقبالي للخلايا الشمية يقل تدريجيا مع الوقت ، أو كلا العاملين معا .

٣-٣- المستقبلات الحرارية Thermoreceptors

تنتشر المستقبلات الحرارية في الإنسان على هيئة نهايات عصبية حرة أو

مستقبلات متخصصة في الجلد واللسان ؛ للإحساس بأي تغيير في درجة حرارة البيئة الخارجية . وتحت السرير البصري (hypothhalamus) هو مركز الإحساس بأي تغييرات تحدث في درجة حرارة الجسم الداخلية . وهو يصدر الأمر للاستجابة لهذه التغييرات لضبط ثبات درجة الحرارة في حدود ٣٧°س .

٣-٤- المستقبلات الضوئية Photorecptors

كما تتكون المادة من ذرات ، يتكون الضوء من وحدات تسمى فوتونات (photons) . وتعرف كمية الضوء في الفوتون الواحد بالكوانتم (quantum) . وفي مستقبل الضوء ، ترتطم كمية طاقة الضوء بالخلايا الحساسة للضوء ، مثيرة الخلية المستقبلة لتنقل السيالة العصبية . وتمتص الضوء صبغات معينة . فالرودوبسينات (rhodopsins) هي الصبغات الحساسة للضوء الموجودة في العين .

ويختلف الاحساس بالضوء عن عملية الإبصار (vision) ، فالاحساس بالضوء يحدد وجود الضوء من عدمه فقط . أما الإبصار فهي عملية تكوين صورة للجسم الذي نراه .

٣-٤-١- العين The Eye

العين :عبارة عن جسم كروي متطاول ، قطرها نحو ٢,٥ سم . توجد العينان في تجويف عظمي في الجمجمة ، وتربطها ست عضلات إرادية قوية ، تمتد كل منها من سطح المقلة الخارجي إلى مكان معين في عظام التجويف الحجاجي (orbit) ، وهي :

- المنحرفة السفلية inferior oblique ؛
- المستقيمة السفلية inferior rectus ؛
- المستقيمة الجانبية lateral rectus ؛
- المستقيمة الوسطى medial rectus ؛
- المنحرفة العلوية superior oblique ؛
- المستقيمة العلوية superior rectus ؛

وتسمح هذه العضلات بحركة العين في اتجاهات عديدة . ويضبط حركة هذه العضلات أعصاب قحفية حسية وحركية تصل إلى الدماغ . وفي مركز التجويف الحجابي للعين فتحة يمر من خلالها العصب البصري إلى الدماغ .

٣-٤-١-١- أجزاء العين ووظائفها

إن أهم أجزاء العين ووظائفها موضحة في الجدول (١٤-٣)

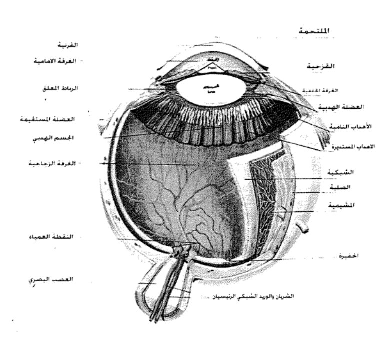
جدول (١٤-٣) أجزاء العين ووظائفها

الجزء		الوظيفة
العدسة	Lens	تكسر أشعة الضوء وتعدلها
القزحية	Iris	تنظم دخول الضوء
الحدقة	Pupil	تدخل الضوء
المشيمية	Choroid	تمتص الضوء المتناثر
الصلبة	Sclera	تحمي
القرنية	Cornea	تكسر الضوء
السائل المائي	Humors	يكسر الضوء
الجسم الهدبي	Ciliary body	يبقي العدسة في مكانها
الشبكية	Retina	تحتوي مستقبلات الضوء
العصي	Rods	تسمح برؤية الأبيض والأسود
المخاريط	Cones	تسمح بالرؤية الملونة
العصب البصري	Optic nerve	ينقل السيالات العصبية إلى الدماغ
الحفيرة المركزية	Fovea centralis	منطقة المخاريط في الشبكية

وتحاط العين بثلاث طبقات أو أغلفة رئيسة ، (شكل ١٤-١٠) ، وهذه الطبقات هي :

١- **الصلبة** (sclera) : وهي الطبقة الخارجية ، معتمة بيضاء ليفية ، وظيفتها حماية العين ، وتحيط بالقرنية (cornea) الشفافة التي تعتبر نافذة العين ، وتوجد طبقة شفافة فوق القرنية تبطن داخل الجفون تدعى الملتحمة(conjuctiva) .

٠٢ المشيمية (choroid) : وهي الطبقة الوسطى ، رقيقة لونها بني غامق ، تحتوي عددا من الأوعية الدموية وصبغة تمتص أشعة الضوء المتناثرة . وتزاد المشيمية سمكاً في الجهة الأمامية من العين مكونة الجسم الهدبي ، وتكون المشيمية في النهاية حاجزا عضليا رقيقا دائريا يسمى القزحية ، وهي مصبوغة وقطرها نحو اسم . والقزحية هي التي تعطي العين لونها ، كما تنظم حجم فتحة الحدقة الموجودة في منتصفها ؛ لوجود ألياف عضلية في جدران القزحية بعضها دائري والآخر شعاعي ، وهذه الألياف هي التي تتحكم بفتحة الحدقة . وتفتح القزحية أو تغلق كرد فعل انعكاسي لوجود الضوء أو غيابه . وتتسع الحدقة في الظلام لتسمح بدخول كمية أكبر من الضوء إلى العين . وتقع خلف القزحية العدسة البلورية (crystalline lens) ، وتثبت بروابط معلقة (suspensory ligaments) ، وهي تتركب من ألياف الجسم الهدبي (ciliary body) ، وهذه الروابط هي المسؤولة عن تغيير شكل العدسة البلورية حسب موقع الجسم المرئي . وتقسم العدسة تجويف العين الى حجرتين : الأمامية وتقع بين القرنية والعدسة ، وهي مملوءة بسائل مائي قاعدي شفاف (aqueous humour) ، والجسم الهدبي هو المسؤول عن صنعه ، ويسمح هذا السائل بمرور الضوء ؛ لأنه معامل انكساره مناسب لتحويل مسار الضوء نحو العدسة ، وله أهمية في ضبط الضغط داخل العين ٢٥ ملم زئبق . وتقع الحجرة الخلفية خلف العدسة ، وتسمى الجسم الهلامي (vitrous body) وهي مملوءة بمادة هلامية تسمح بمرور الضوء إلى الشبكية ، وتدعم العدسة .



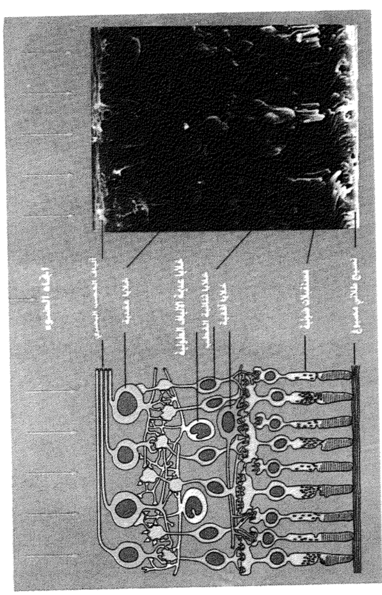
شكل (١٤-١٠) قطاع عرضي في العين اليمنى

٠٣ **الشبكية** (retina) : وهي الطبقة الداخلية ، وتغلف الجزء الخلفي من العين ، وتتكون من نسيج عصبي ، وتحتوي خلايا استقبال ضوئية ، وهي نوعان : العصي (rods) ، والمخاريط (cones)(شكل ١٤-١١) .

وتعمل العصي والمخاريط على بدء السيالات العصبية التي تمر إلى الخلايا ثنائية القطب ، وهذه تمررها فيما بعد إلى العقد العصبية(ganglion cells) . وتمر ألياف هذه الخلايا من أمام الشبكية مكونة العصب البصري ، وهو الذي يحمل السيالات العصبية إلى الدماغ .

لاحظ أن هناك أعداداً كبيرة من العصي والمخاريط أكثر من الألياف العصبية تغادر خلايا العقد . وهذا يعني أن هناك خلطاً كبيراً بين الرسائل وقدر معين من التكامل قبل إرسال السيالات العصبية إلى الدماغ . لا توجد عصي ولا مخاريط عند نقطة مرور العصب البصري خلال الشبكية ؛ ولهذا تسمى هذه النقطة ، النقطة العمياء (blind spot) .

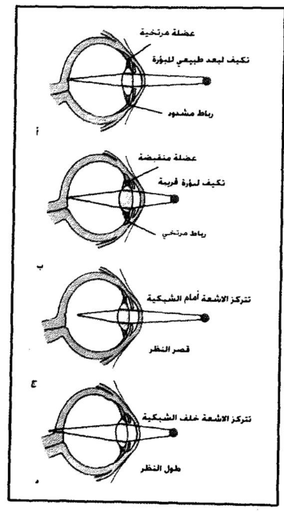
ويحتوي مركز الشبكية منطقة خاصة تسمى الحفيرة المركزية (fovea centralis) أو الحفيرة ، وهي منطقة منخفضة بيضاوية الشكل وصفراء اللون ، وفيها خلايا مخروطية فقط . والرؤية الملونة في الحفيرة أكثر شدة في النهار المضيء منه في الليل ، حيث تكون ضعيفة الحساسية . وفي هذا الوقت فإن العصي في بقية الشبكية نشطة .



شكل (١٤-١١) الشبكية

٣-٤-١-٢- عملية الرؤية Vision Process

تنكسر الأشعة التي تدخل العين حال مرورها خلال القرنية والعدسة والسائل المائي ، وتعتدل على الشبكية والعدسة تقريبا منبسطة عند رؤيتها الأجسام البعيدة ، لكنها تستدير عند رؤية الأجسام القريبة ، لأن أشعة الضوء يجب أن تنكسر إلى أكبر درجة عند رؤية الأجسام القريبة . وتسمى هذه التغييرات في شكل العدسة تكيفا (accommodation) شكل (١٤-١٢) .



شكل (١٤-١٢) تكيف العين

وفي العمر الطبيعي تفقد العدسات قدرتها على التكيف للأجسام القريبة ؛ لذلك يحتاج الأشخاص نظارات قراءة في متوسط أعمارهم شكل (١٤-١٢ ب و ج) .

وبسبب الانكسار، تدار الصورة على الشبكية ١٨٠° عن الحقيقية ، لكن يعتقد أن هذه الصورة تصحح في الدماغ . في إحدى التجارب ، لبس علماء نظارات تقلب المجال وتعكسه ، ووجدوا صعوبة للتكيف مع وضع الأجسام . لكنهم حالا أصبحوا معتادين على عالمهم المقلوب . ومثل هذه التجارب تقول لو أن الشبكية رأت العالم مقلوبا «رأسا على عقب» ، فإن الدماغ يراها بالوضع الصحيح .

العصي : تحتاج العصي ضوءاً خافتا (dim) لإثارتها ؛ وعليه ، فإنها ضرورية للرؤية في الليل . والعصي أيضا أفضل من المخاريط لاستكشاف الحركة ، لكنها لا تستطيع تمييز الرؤية الملونة . وهذا يسبب ظهور الأجسام ضبابية كما تبدو رمادية في الضوء الخافت . توجد عدة جزيئات رودوبسين (rhodopsin) في غشاء الأقراص (صفيحة رقيقة) الموجودة في الجزء الخارجي من العصي . الرودوبسين جزيء معقد يحتوي بروتين الأوبسين (opsin) ، وجزيء صبغي يسمى ريتنال (retinal) ، وهو مشتق من فيتامين أ (A) . وعندما يضرب الضوء الريتنال يتغير شكله ، وينشط الأوبسين ، والتفاعلات التي تلي ذلك تنتهي بعدد من جزيئات جوانوسين أحادي الفوسفات (GMP) (guanosine monophosphate) ، ويتحول إلى جوانوسين أحادي الفوسفات الحلقي (cyclic GMP) ، والأخير بدوره يعمل على بدء السيالات العصبية في العصي ، التي تمر خلال الشبكية إلى العصب البصري . وتستمر كل سيالة متولدة نحو $\frac{١}{١٠}$ من الثانية ، وهذا هو السبب في استمرارنا في رؤية الصور إذا أغلقنا عيوننا حالا بعد النظر إلى جسم ما . وهذا أيضا يسمح لنا برؤية الحركة إذا بقيت الأطر بمعدل السرعة نفسه ، كما في السينما .

المخاريط : توجد المخاريط بصورة أساسية في الحفيرة ، وتنشط بالضوء الساطع ، وتستكشف التفصيلات الدقيقة للجسم ولونه . وتعتمد الرؤية الملونة على ثلاثة أنواع من المخاريط ، التي تحتوي صبغة زرقاء ، أو خضراء ، أو حمراء . وتتكون كل صبغة من الريتنال والأوبسين ، لكن يوجد فرق طفيف في تركيب الأوبسين لكل منها ، وهذا يفسر الأنماط الفردية لامتصاص كل صبغة للضوء . ويعتقد أن التراكيب المختلفة للمخاريط تثار بوساطة ظلال من اللون ، وتفسر السيالات العصبية المركبة في الدماغ كلون محدد .

٠٤ الخلاصة

٠١ أعضاء الإحساس محولات للطاقة ، فهي تحول طاقة المؤثر إلى طاقة دفعات عصبية . والدماغ ، وليس عضو الإحساس هو الذي يحلل السيالة العصبية .

٠٢ تتضمن المستقبلات الآلية ، مستقبلات اللمس ومستقبلات الضغط في الجلد .

٠٣ المستقبلات الآلية هي خلايا شعرية بأهداب وتوجد في الأذن الداخلية .

٠٤ تحتوي الأذن الداخلية أعضاء الاحساس للتوازن . كما تحتوي أيضا حصيات من كربونات الكالسيوم على الخلايا الشعرية . وتعطينا حركة هذه الحصيات إحساساً بالتوازن الساكن . وحركة السائل في الخلايا الشعرية في القنوات نصف الدائرية يعطينا إحساساً بالتوازن الديناميكي .

٠٥ الخلايا الشعرية على الغشاء القاعدي (عضو كورتي) مسؤول عن السمع . وموجات الضغط التي تبدأ عند الفتحة البيضوية ، تجعل الغشاء القاعدي يهتز ، وبهذا فإن أهداب الخلايا الشعرية تلمس الغشاء الغطائي ، وتبدأ الخلايا الشعرية السيالات العصبية ، التي يحملها العصب المسمعي إلى الدماغ .

٠٦ خلايا الشم وبراعم الذوق هي مستقبلات كيميائية ، وهي حساسة للمواد الكيميائية في الماء والهواء .

٠٧ العين هي مستقبل الضوء .

٠٨ العصي والمخاريط هي مستقبلات الرؤية في العين ، وهي موجودة على الشبكية . وتعمل العصي في أقل ضوء ، وتكتشف الحركة ، لكنها لا تكتشف اللون . وتحتاج المخاريط ضوءاً ساطعا ، وهي تكتشف اللون .

٠٩ عندما يضرب الضوء الرودوبسين ، وهو جزيء يتكون من الأوبسين والريتينال . والريتينال يغير الشكل وينشط الأوبسين . يتبعها تفاعلات كيميائية تنتج سيالات عصبية . ويلتقط العصب البصري هذه السيالات العصبية .

٠١٠ توجد ثلاثة أنواع من المخاريط ، تحتوي صبغة زرقاء أو خضراء أو حمراء . وتتكون كل صبغة من الريتينال والأوبسين ، ولكن يختلف تركيب الأوبسين في الصبغات .

٠٥ أسئلة للتقويم الذاتي

٠١ المستقبل :

أ) الجزء الأول من قوس الانعكاس ب) يبدأ الدفعات العصبية

ج) يستجيب لنوع واحد من المثير د) جميع ما ذكر

٠٢ أي من الجمل الآتية تعطي المسار الصحيح لأشعة الضوء الداخلة إلى العين؟

أ) الصلبة ، الشبكية ، المشيمية ، العدسة ، القرنية

ب) الحفيرة المركزية ، الحدقة ، السائل الزجاجي ، العدسة

ح) القرنية ، الحدقة ، العدسة ، السائل المائي ، الشبكية

د) العصب البصري ، الصلبة ، المشيمية ، الشبكية ، السائل

٠٣ أي من الآتي يعطي وظيفة خطأ للتراكيب ؟

أ) العدسة- تعديل ب) القزحية - تنظم كمية الضوء

ج) المشيمية - مكان وجود المخاريط د) الصلبة- حماية

٠٤ أي واحدة مما يأتي لا تذكرها عند تتبعك مسار ذبذبات الصوت؟

أ) القنوات نصف الدائرية ب) غشاء الطبلة

ج) القناة السمعية د) القوقعة

٠٥ أي جملة من الجمل الآتية تحدد بصورة صحيحة موقع عضو كورتي؟

أ) بين الغشاء الغطائي والفتحة البيضوية في الأذن الداخلية

ب) بين الغشاء الغطائي والغشاء القاعدي في قناة القوقعة

ج) في القريبة والكييس داخل الدهليز

د) بين الأذن الخارجية والأذن الداخلية داخل القنوات نصف الدائرية

٠٦ أي من الجمل الآتية خطأ؟

أ) القنوات الهلالية – أذن داخلية	ب) القريبة والكييس– أذن خارجية

جـ) القناة السمعية – أذن خارجية	د) حصيات – أذن وسطى

٠٧ الريتينال :

أ) حساس للطاقة الضوئية	ب) جزء من الرودوبسين

ج) يوجد في كل من العصي والمخاريط	د) جميع ما ذكر

٠٨ لكل من مستقبلات الشم والصوت أهداب ، وكلاهما :

أ) يبدأ السيالات العصبية	ب) مستقبلات آلية

جـ) مستقبلات كيميائية	د) جميع ما ذكر

٦٠ أسئلة للمراجعة

٠١ بماذا تتشابه جميع المستقبلات ، وبأي الطرق تختلف؟

٠٢ ناقش تركيب المستقبلات الكيميائية وعملها .

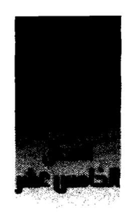
٠٣ اذكر أجزاء العين ، ووظيفة كل منها .

٠٤ قارن بين وضع العصي والمخاريط ووظيفتها .

٠٥ ما أنواع المستقبلات الآلية في الجلد؟

٠٦ صف تشريح الأذن ، واشرح كيف نسمع .

٠٧ صف دور القريبة والكييس ، والقنوات نصف الدائرية في التوازن .



الجهاز الليمفاوي والمناعة

Lymphatic System and Immunity

المحتويات

٢-٥- أعمال خلايات

٢-٥-١- تنشيط أعمال خلايا ت السامة للخلايا والمساعدة للخلايا

٢-٦- العلاج المناعي

٢-٦-١- المناعة المستحثة

٢-٧- الأجسام المضادة أحادية الكلونة

٢-٨- الآثار الجانبية للمناعة وأمراضها

٢-٨-١- الحساسية

٢-٨-٢- رفض الأنسجة

٢-٩- أمراض المناعة الذاتية

٠٣ الخلاصة

٠٤ أسئلة للتقويم الذاتي

٠٥ أسئلة للمراجعة

الأهداف التعليمية

بعد دراستك هذا الفصل يتوقع منك أن تكون قادرا على أن :

١٠ تحدد الوظائف الرئيسة للجهاز الليمفاوي .

٢٠ تصف تركيب الأوعية الليمفاوية والأعضاء الليمفاوية ووظائفها .

٣٠ تذكر ثلاث طرق عامة يدافع بها الجسم عن نفسه ضد الإصابات ؛ موضحاً بأمثلة على كل منها .

٤٠ تقارن بين خلايا ب وخلايا ت من حيث : النضج ، والتركيب ، والوظيفة .

٥٠ تفسر نظرية الكلونة الاختيارية بما يتعلق بخلايا ب وخلايا ت .

٦٠ تصف تركيب الجسم المضاد ووظيفته .

٧٠ تصف الأنواع المختلفة لخلايا ت ، ووظيفة كل نوع .

٨٠ تقارن بين المناعة الكامنة والمناعة النشطة ، وتفسر لماذا الأولى تدوم أطول من الثانية .

٩٠ توضح كيف يتم إنتاج الأجسام المضادة أحادية الكلونة ، وتضع قائمة بالطرق التي تستخدم بها حاليا .

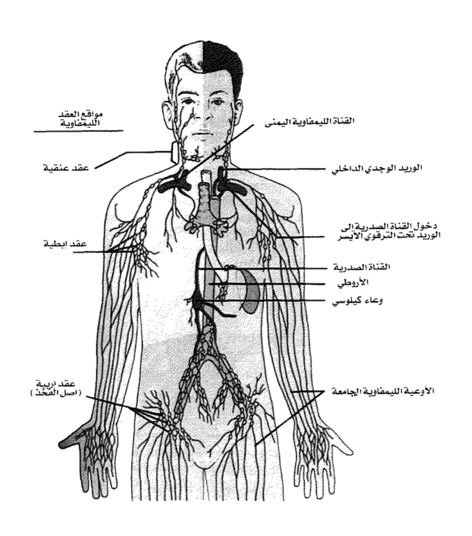
١٠٠ تناقش ثلاثة أنواع من الآثار الجانبية للمناعة .

٠١ الجهاز الليمفاوي The lymphatic System

يتكون الجهاز الليمفاوي من الأوعية الليمفاوية (lymphatic vessels) والأعضاء الليمفاوية (lymphatic organs) شكل (١٥-١) . وهذا الجهاز الذي يتعاون مع الجهاز القلبي الوعائي (cardiovascular system) ، وله ثلاث وظائف رئيسة : (١) تأخذ الأوعية الليمفاوية السائل النسيجي الزائد وتعيده إلى مجرى الدم ؛ (٢) تمتص الشعيرات الليمفاوية (lymphatic capillaries) الدهون عند الخملات المعوية وتنقلها إلى مجرى الدم ؛ (٣) يساعد الجهاز الليمفاوي الجسم على الدفاع ضد الأمراض .

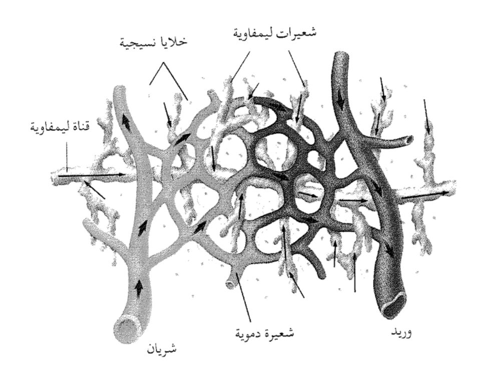
١-١- الأوعية الليمفاوية

الأوعية الليمفاوية واسعة الانتشار ؛ فكل منطقة في الجسم مزودة بوفرة بالشعيرات الليمفاوية(شكل ١٥-١) وتحتوي الأوعية الليمفاوية صمامات ، وانقباضها يشبه انقباض الأوعية القلبية الوعائية . وتعتمد حركة الليمف داخل هذه الأوعية على انقباض العضلات الهيكلية . فعند انقباض العضلات ، نضغط الليمف ويمر من الصمام الذي يغلق ، ليمنع رجوعه إلى الخلف .



شكل (١٥-١) الجهاز الليمفاوي . التوزيع العام للأوعية الليمفاوية الجامعة ، ومناطق العقد الليمفاوية . المناطق الغامقة من الجسم تُصرّف بوساطة القناة الليمفاوية اليمنى ، وبقية الجسم يصرّف بوساطة القناة الصدرية .

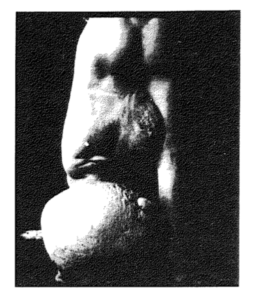
يبدأ الجهاز الليمفاوي بالشعيرات الليمفاوية التي تقع بالقرب من الشعيرات الدموية شكل (١٥-٢) . وتأخذ هذه الشعيرات السائل الذي ينتشر من الشعيرات الدموية ولا تعيد امتصاصه . وحال دخول سائل النسيج الأوعية الليمفاوية ، يسمى ليمفاً . وتلتحم الشعيرات الليمفاوية لتكون الأوعية الليمفاوية التي تندمج قبل دخولها إحدى القناتين : القناة الصدرية أو القناة الليمفاوية اليمنى .



شكل (١٥-٢) الأوعية الليمفاوية . تشير الأسهم بأن الليمف يتكون عندما تأخذ الشعيرات الليمفاوية سائل الأنسجة الزائد . وتقع الشعيرات الليمفاوية بالقرب من الشعيرات الدموية .

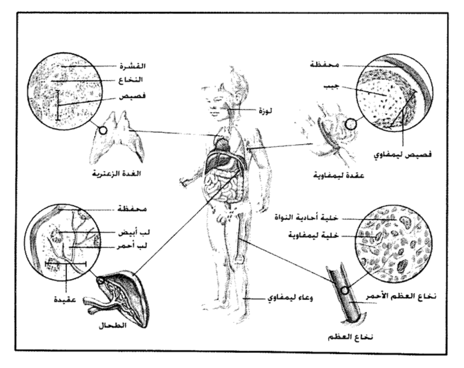
والقناة الصدرية أوسع من القناة الليمفاوية اليمنى . وهي تخدم الطرفين السفليين ، والبطن ، والذراع اليسرى ، والجهة اليسرى من الرأس والعنق . وفي الصدر ، تدخل القناة الصدرية اليسرى الوريد تحت الترقوي الأيسر (left subclavian vein) . والقناة الليمفاوية اليمنى تخدم فقط الذراع اليمنى والجهة اليمنى من الرأس والعنق . وتدخل الوريد الترقوي الأيمن (right subclavian vein) .

وينتج عن تلف الجهاز الليمفاوي الاستسقاء ، وهو الانتفاخ الناتج عن تجمع سائل النسيج في المناطق الاستوائية ، وتسبب إصابة الأوعية الليمفاوية بدودة طفيلية ؛ داء الفيل (elephantiasis) ، وهي حالة ينتفخ فيها الطرف وتصبح شبيهة بطرف الفيل شكل (١٥-٣) .



شكل (١٥-٣) داء الفيل

وتشمل الأعضاء الليمفاوية نخاع العظام (bone marrow) ، والعقد الليمفاوية (lymph nodes) ، والطحال (spleen) ، والغدة الزعترية (thymus gland) شكل (١٥-٤) .

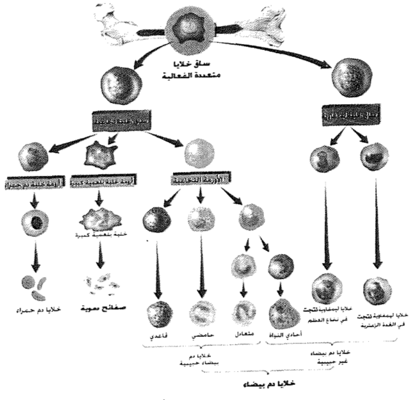


شكل (١٥-٤) الأعضاء الليمفاوية

١-٢- نخاع العظام

يوجد نخاع العظام في الشخص البالغ فقط في عظام الجمجمة ، (bones of the skull) ، وعظم القص (sternum) ، والأضلاع (ribs) ، وعظم الترقوة (clavicle) ، والعمود الفقري (spinal column) ، وأطراف عظمتي الفخذ (femur) والعضد (humerus) . ويحتوي نخاع العظام خلايا أنسجة ضامة تسمى خلايا شبكية (reticular cells)(تنتج شبكة من ألياف شبكية . وتتراكم الخلايا الشبكية وخلايا الدم المتكونة لتكون جيوبا وريدية (venous sinuses) جدرانها رقيقة . وتدخل خلايا الدم الناضجة مجرى الدم عند هذه الجيوب .

وأظهرت دراسات المرسمة بالنشاط الإشعاعي (radio active tracer) أن نخاع العظام هو مركز أصل جميع أنواع خلايا الدم (شكل ١٥-٥) ، متضمنة كلا من خلايا الدم البيضاء الحبيبية وغير الحبيبية .



شكل (١٥-٥) تكوّن خلايا الدم في نخاع العظم الأحمر . ساق الخلايا متعددة الفعالية تسبب تكون ساق خلايا متخصصة ، وهذه تنتج الأنواع المختلفة من خلايا الدم . ويتم ضبط كل ساق خلية بوساطة عوامل نحو متخصصة .

وبمعنى آخر ، يحتوي نخاع العظام أنسجة ليمفاوية تنتج خلايا ليمفاوية (lymphocytes) . وتنضج الخلايا الليمفاوية ب (لنخاع العظام) في نخاع العظام ، بينما تنضج الخلايا الليمفاوية ت (للغدة الزعترية) في الغدة الزعترية . وسوف نناقش تركيب وعمل الخلايا الليمفاوية ب و ت في هذا الفصل لاحقاً .

ويحتوي نخاع العظام أيضا خلايا أحادية النوى (monocytes) ، تنمو إلى خلايا بلعمية كبيرة . وتساعد هذه الخلايا على تنظيف النخاع والجيوب الدموية (blood sinuses) المجاورة .

١-٣- العقد الليمفاوية Lymph Nodes

عند نقاط محددة على طول الأوعية الليمفاوية ، تظهر تراكيب صغيرة بيضوية أو مستديرة (نحو ٢,٥ سم) ، تسمى عقدا ليمفاوية شكل (١٥-١) . وللعقدة الليمفاوية محفظة من نسيج ضام ليفي . ويقسم النسيج الضام العقدة إلى عقيدات (عقد صغيرة) (nodules) شكل (١٥ -٤) وتحتوي كل عقيدة جيباً (sinus) مملوءا بخلايا ليمفاوية وخلايا بلعمية كبيرة . وعند مرور الليمف خلال الجيوب ، ينقى من الكائنات الحية المسببة للعدوى وأي حطام آخر .

وبالرغم من وجود العقيدات عادة في العقد الليمفاوية ، إلا أنه يمكن أن توجد منفردة أو في مجموعات . وتتكون اللوزتان (tonsils) جزئيا من عقيدات ليمفاوية مغلقة . وتوجد عقيدات أخرى تسمى رقع باير (Peyer's patches) في جدار الأمعاء .

وتوجد العقد الليمفاوية في مجموعات في مناطق معينة من الجسم ، فعلى سبيل المثال ؛ توجد العقد الإربية (inguinal nodes) في الإرب (groin) (أصل الفخذ) ، وتوجد العقد الإبطية (axillary nodes) في الإبطين .

١-٣-١- الطحال The Spleen

يقع الطحال في أعلى الجهة اليسرى من التجويف البطني بين قاع المعدة والحجاب الحاجز . ويعتبر أكبر الأعضاء الليمفاوية . ويقسم النسيج الضام الخارجي الطحال إلى

عقيدات تحتوي جيوباً . وتحتوي الجيوب في الطحال دماً بدلا من الليمف . وبخاصة لأن الأوعية الدموية للطحال تستطيع أن تتمدد ، ويعمل الطحال كمخزن للدم ، ويزود الجسم بالدم في حالة انخفاض الضغط أو عندما يحتاج الجسم إلى أكسجين إضافي .

وتحتوي عقيدات الطحال لبّاً (pulp) أحمر ولبّاً أبيض ، ويحتوي اللب الأحمر خلايا دم حمراء ، وخلايا ليمفاوية ، وخلايا بلعمية كبيرة . ويحتوي اللب الأبيض فقط خلايا ليمفاوية وخلايا بلعمية كبيرة . ويساعد كل من نوعي اللب على تنقية الدم الذي يمر خلال الطحال . وإذا تمزق الطحال بسبب جرح ، يمكن إزالته .

١-٣-٢- الغدة الزعترية The Thymus gland

تقع الغدة الزعترية خلف عظمة القص في أعلى التجويف الصدري بين الرئتين ، وتختلف هذه الغدة في الحجم من شخص لآخر ، لكنها تكون أكبر في الأطفال حيث تصل (٤٠) غم ، وتضمر عند النضج الكامل . وتنقسم الغدة الزعترية أيضا إلى عقيدات بوساطة نسيج ضام الخلايا الليمفاوية ت الناضجة في هذه العقيدات .

وتفرز الغدة الزعترية ثايموسين(thymosin) ، وهو جزيء يعتقد أنه عامل يسبب تحويل «الخلايا السابقة لخلايا ت» إلى «خلايا ت» . ويمكن أن يكون للثايموسين أيضا وظائف أخرى في المناعة .

٠٢ المناعة Immunity

المناعة : هي قدرة الجسم على حماية نفسه من المواد والخلايا الغريبة ، متضمنة الجراثيم المعدية . خط الدفاع الأول يعمل فوراً ؛ لأنه يستخدم آليات غير محددة . أما خط الدفاع الثاني فيأخذ وقتا أطول ليعمل ؛ لأنه محدد بصورة كبيرة ويحتوي آليات خاصة .

٢-١- الدفاع بصورة عامة General Defense

تحتوي البيئة عددا من الكائنات الحية القادرة على غزو الجسم وإصابته بالعدوى . وتوجد ثلاث آليات عامة للدفاع ضد جميع هذه الكائنات الحية : حواجز تمنع الدخول ، وخلايا دموية بيضاء بلعمية كبيرة ، وبروتينات للحماية .

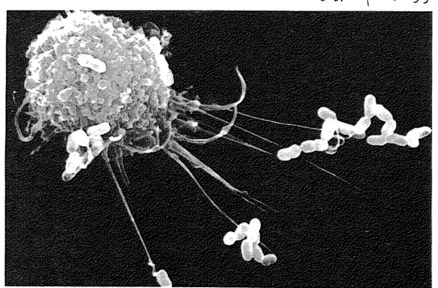
٢-١-١- حواجز تمنع الدخول Barriers to Entry

الجلد والغشاء المخاطي الذي يبطن مجاري التنفس والقناة الهضمية ، هي حواجز آلية تمنع دخول البكتريا والفيروسات . وتحتوي إفرازات الغدد الدهنية في الجلد مواد كيميائية تضعف البكتيريا أو تقتلها . والقناة التنفسية مبطنة بخلايا تدفع المخاط والأجسام إلى الحنجرة ، حيث يمكن بلعها . والمعدة لها رقم هيدروجيني (pH) حامضي ، وهذا يمنع نمو عدد من أنواع البكتيريا . وخليط من البكتيريا تسكن طبيعيا في الأمعاء وأعضاء أخرى ، مثل المهبل (vagina) ، تمنع الكائنات الممرضة من الإقامة الدائمة .

٢-١-٢- خلايا الدم البيضاء البلعمية الكبيرة

Phagocytic White Blood Cells

إذا نجحت الجراثيم في دخول الجسم ، تحدث تفاعلات التهابية وقوى أخرى غير محددة . فعلى سبيل المثال ، الخلايا المتعادلة والخلايا أحادية النوى ، خلايا بلعمية كبيرة محولة ، وهي خلايا دم بيضاء ملتهمة ، تبتلع بعض أنواع من البكتيريا حال لمسها (شكل ١٥-٦) . وقد يصاحب الإصابة حمى ، وهي استجابة وقائية ؛ لأن الخلايا البلعمية الكبيرة تعمل عند درجة الحرارة العالية للجسم أفضل منها عند درجة حرارة الجسم الطبيعية .



شكل (١٥-٦) خلية بلعمية كبيرة(حمراء اللون) تلتهم بكتيريا(خضراء اللون)

٢-١-٣- بروتينات الحماية Protective proteins

الجهاز المتمم (complement system) ، هو سلسلة بروتينات ينتجها الكبد ، وتوجد في البلازما . وعندما ينشط أول بروتين ، تحدث سلسلة منتظمة من التفاعلات . وكل جزيء بروتيني في السلسلة ينشط جزيئا آخر في التسلسل قبل المحدد قبلاً . وبروتينات متممة معينة تكون ثقوبا في جدر خلايا البكتيريا وأغشيتها ، وتدخل السوائل والأملاح داخل البكتيريا مسببة انفجارها .

وبعض البروتينات المتممة تمسك البكتيريا بسهولة ، بينما البعض الآخر تسحب الخلايا البلعمية الكبيرة إلى مكان الحادث . ومع أن الجهاز المتمم هو آلية دفاع عامة ، إلا أن له دوراً في الدفاع الخاص أيضاً ، كما سنرى لاحقاً

عندما تصيب معظم الفيروسات نسيج خلية ، تنتج الخلية المصابة الإنترفيرون (interferon) ، وتفرزه . ويرتبط الإنترفيرون بالمستقبلات في الخلايا غير المصابة ، وهذه العملية تعمل على أن تجهز هذه الخلايا نفسها لهجوم محتمل ؛ وذلك بإنتاج مواد تتدخل في تضاعف الفيروس . والخلية التي لها إنترفيرون مرتبط تكون محمية ضد أي نوع من الفيروس ؛ وعليه فإن الإنترفيرون مفيد جدا في الحماية من الإصابة بالفيروس . والإنترفيرون مختص بالأنواع ؛ فمثلا فقط الإنترفيرون الإنساني يمكن استخدامه في الإنسان ، ومن الصعب جمع كمية إنترفيرون كافية للعلاج السريري أو للبحوث ، لكن الآن الإنترفيرون هو إنتاج تقني حيوي (biotechnology) .

٢-٢- الدفاع الخاص Specific Defense

أحيانا نتعالج بإدخال كائنات حية دقيقة إلى أجسامنا ، من النوع المسبب للمرض ، التي لم نتمكن من علاجه بنجاح بوساطة آليات الدفاع العام . في مثل هذه الحالات ، ينشط جهاز المناعة ليجهز دفاعاً خاصا . ويتكون جهاز المناعة من خلايا ليمفاوية ؛ وخلايا أحادية النوى ، وأيضا أعضاء ليمفاوية وأوعية ليمفاوية حيث توجد هذه الخلايا البيضاء في تركيز عال .

ويسمح لنا جهاز المناعة بتطوير مناعة ضد مولد ضد محدد . ومولدات الضد عادة جزيئات بروتينية (أو عديدة التسكر) وهي خلايا ليمفاوية خاصة تتميز كأجسام

غريبة للجسم . وتتكون مولدات الضد على البكتيريا والفيروسات ، ويمكنها أن تكون جزءا من خلية غريبة أو خلية سرطانية . عادة ، لايصبح لدينا مناعة لخلايا أجسامنا الطبيعية ؛ وعليه يمكن القول إن جهاز المناعة قادر على تمييز الذات من غيرها . والمناعة أساساً هي نتيجة عمل الخلايا الليمفاوية ب و ت ، التي لها وظائف مختلفة ، وتسمى الخلايا الليمفاوية ب أيضا خلايا ب ، وتصبح خلايا بلازمية تنتج أجساماً مضادة ، وهي بروتينات قادرة على الارتباط مع مولدات الضد وتجعلها خاملة (inactivated) . وتفرز هذه الأجسام المضادة في الدم والليمف . وبالمقابل ، تسمى الخلايا الليمفاوية ت أيضاً ، خلايا ت ، وهي لا تفرز أجساماً مضادة . وبدلا عن ذلك ، هناك خلايا ت معينة ، تهاجم مباشرة خلايا تحمل مولدات الضد التي تميزها ، وخلايا ت أخرى تنظم الاستجابة للمناعة .

الخلايا الليمفاوية قادرة على تمييز مولد الضد ؛ لأن لها جزيئات استقبال على سطحها . وشكل المستقبلات على أي خلية لمفاوية معينة متممة لشكل مولد ضد خاص . ويمكن القول إن المستقبل ومولد الضد ينطبقان معا مثل القفل والمفتاح . وأنه طيلة حياتنا ، نواجه مليوناً من الأجسام المضادة المختلفة ؛ ولهذا نحتاج العدد نفسه من الخلايا الليمفاوية للحماية ضد مولدات الضد هذه .

٢-٣- عمل خلايا ب The Action of B Cells

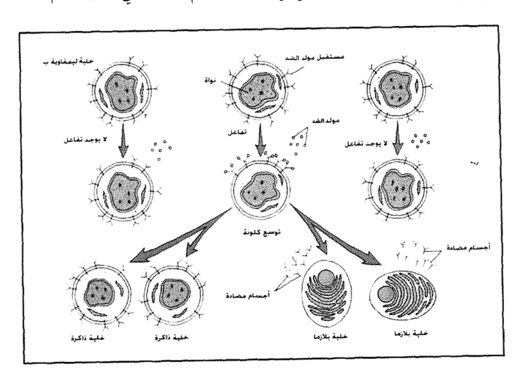
يسمى المستقبل على خلية ب «الغشاء المحيط بالجسم المضاد» (membrane - bound antibody) ؛ لأنه تركيب يشبه الجسم المضاد .

وعندما تواجه خلية ب خلية بكتيرية أو مادة سامة تحمل جسما مضادا معينا ، فإنها تنشط ، أي أنها تملك الطاقة لإنتاج عدد من خلايا البلازما التي سوف تفرز أجساما مضادة ضد مولدات الضد هذه .

وتشتق جميع خلايا البلازما من خلية أم ليمفاية واحدة تسمى كْلون ، (clone) ، وينتج الكْلون النوع نفسه من الجسم المضاد . لاحظ أن خلايا ب لا تتكلْون حتى يكون مولد الضد الخاص بها موجود ، وتنص نظرية الكلْونة الاختيارية (clonal selection theory) بأن مولد الضد يختار أي خلية ب سوف تنتج كْلون خلايا لبلازما شكل (١٥-٧) .

وحالما يصبح إنتاج الجسم المضاد كاف ، يختفي مولد الضد من الجهاز ، ويتوقف نمو خلايا البلازما ، وبعض أفراد من الكْلون لا تشارك في إنتاج الجسم المضاد . وبدلا عن ذلك ، تبقى في مجرى الدم كخلايا ب الذاكرة (memory B cells) . وخلايا ب الذاكرة قادرة على إنتاج الجسم المضاد الخاص بمولد ضد معين لبعض الوقت . وطول مدة وجود هذه الخلايا ، يقال إن الشخص نشيط مناعيا : الإنتاج المستقبلي للجسم المضاد ممكن ؛ لأن خلايا الذاكرة يمكنها أن تنتج خلايا بلازمية أكثر ، إذا غزا مولد الضد الجهاز ثانية .

ويسمى الدفاع بوساطة خلايا ب المناعة المتوسطة للجسم المضاد (antibody - mediated immunity) ؛ لأن خلايا ب تنتج أجساما مضادة ، وتسمى أيضا مناعة خلطية (humoral immunity) ؛ لوجود هذه الأجسام المضادة في مجرى الدم .

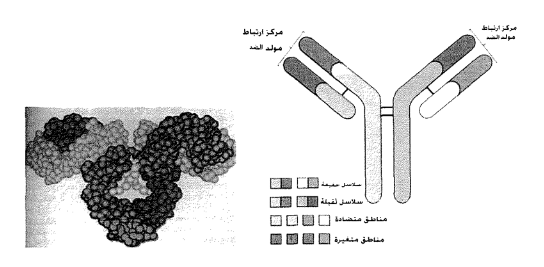


شكل (١٥-٧) فعل الجهاز المتمم

شكل (١٥-٧) نظرية الكلونة الإختيارية كما تنطبق على خلايا ب . مولدات الضد لها أشكال مختلفة . في هذا الرسم التخطيطي ، يلتصق مولد الضد بسبب شكله ، بمستقبل على خلية ب التي في الوسط ، وليست التي على اليمين أو على اليسار . ويتم التطابق بين مولد الضد والمستقبل كما في القفل والمفتاح لأن شكليهما متتامان

٢-٤- الأجسام المضادة Antibodies

أكثـر أنواع الأجسـام المضـادة المعـروفـة هي IgG(immunogllobulin G) ، وهي عبـارة عن جـزيء بروتين على شكل حـرف Y ، لهـا ذراعـان . ولكل ذراع سلسلة طويلة ثقيلة ، وسلسلة قصيرة خفيفة ، من الأحـماض الأمينية . ولهـذه السلاسل مناطق ثابتة ، حيث تتكون سلسلة الأحماض الأمينية ، ومناطق متغيرة ، حيث تتنوع سلسلة الأحماض الأمينية لإنتاج شكل معين شكل (١٥-٨) . يرتبط مولد الضد مع الجسم المضاد في المناطق المتغيرة في الذراع الواحد في نمط القفل والمفتاح . وبكلمات أخرى ، إن المناطق المتغيرة مراكز ربط الأجسام المضادة ، تكون خاصة بمولد ضد معين .



شكل (١٥-٨) تركيب أكثر أنواع الأجسام المضادة شيوعاً ، جلوبيولين مناعي G (JgG) . (أ) أنموذج بالحاسوب للجسم المضاد (ب) رسم تخطيطي .

والمناطق الثابتة ليست متماثلة لجميع الأجسام المضادة . وبدلا عن ذلك ، فإنها نفسها لصفوف الأجسام المضادة المختلفة . وتنتمي معظم الأجسام المضادة في الدم إلى النوع IgG (جدول ١٥- ١) .

جدول (١٥-١) أنواع الأجسام المضادة

النوع	الوصف
IgG	النوع الرئيس للأجسام المضادة في الدورة الدموية ؛ تهاجم الأحياء الدقيقة وسمومها .
IgA	النوع الرئيس للأجسام المضادة في الافرازات ، مثل اللعاب ، والحليب ، تهاجم الأحياء الدقيقة وسمومها .
IgE	الجسم المضاد المسؤول عن تفاعلات الحساسية .
IgM	نوع الأجسام المضادة الموجودة في الدورة الدموية ؛ وأكبر جسم مضاد بخمس تحت وحدات .
IgD	نوع الأجسام المضادة الموجودة بصورة رئيسة مثل الجلوبيولين المناعي المحاط بغشاء .

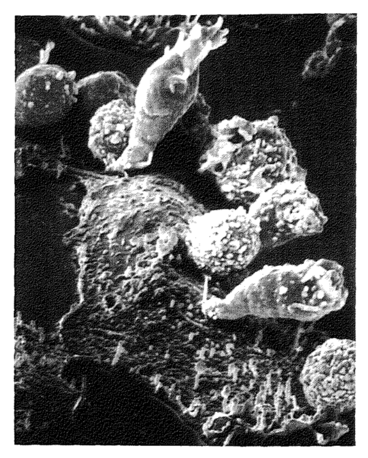
ويستطيع أن يأخذ تفاعل مولد الضد - والجسم المضاد أشكالاً عديدة ، وينتج عن التفاعل هذا معقد من مولدات الضد تتحد مع الأجسام المضادة . مثل هذا المعقد مولد الضد - والجسم المضاد ، يسمى أحياناً معقد المناعة ، وهذا يميز الجسم المضاد للتدمير بوساطة عوامل أخرى . مثلا ، يمكن للخلايا البيضاء المتعادلة أو البلعمية الكبيرة أن تلتهم المعقد أو يمكنها تنشيط جزء من مصل الدم يسمى الجهاز المتمم (ذكر سابقاً) .

٢-٥- أعمال خلايا ت The Actions of T cells

توجد أربعة أنواع من خلايا ت : خلايا ت السامة للخلايا (cytotoxic T cells) ، وخلايا ت المساعدة (helper T cells) ، وخلايا ت الذاكرة (memory T cells) ، وخلايا ت الكابتة (suppressor T cells) ، وتتشابه هذه الأنواع الأربعة ، ويمكن التفريق بينها بوظائفها .

وتسمى خلايا ت السامة للخلايا أحيانا خلايا ت القاتلة (killer T cells) .

فهي في الأشخاص الذين لديهم مناعة تهاجم وتحطم الخلايا التي تحمل مولد الضد الغريب ، مثل الخلايا المصابة بالفيروس أو الخلايا السرطانية . وخلايا ت هذه لها فجوات تخزين تحتوي مواد كيميائية تسمى بيرفورن (perforin) ؛ لأنها تثقب أغشية الخلية . ويكون جزيء البيرفورن ثقبا في الغشاء يسمح بدخول الماء والأملاح . والخلية المهاجمة تنتفخ وتنفجر شكل (١٥-٩) .



شكل (١٥-٩) المناعة المتوسطة للخلية . صورة مجهر الكتروني ماسح تظهر خلايا ت سامة تحطم خلية سرطانية

ويمكن القول : إن خلايا ت مسؤولة عن المناعة المتوسطة للخلية ، وتحطم الخلايا الحاملة لمولد الضد ، وخلايا ت السامة للخلايا هي المعنية بهذا النوع من المناعة .

وتنظم خلايا ت المساعدة المناعة بتعزيزها استجابة خلايا مناعة أخرى .

وبالاستجابة لمولد الضد ، فإنها تعزز الليمفوكينز (lymphokines) ، متضمنا إنترفيرون (interferon) وإنترليوكنز (interelukins) . والليمفوكينز جزيئات محفزة ، تسبب كْلونة خلايا ت المساعدة ، كما تجعل خلايا مناعة أخرى تؤدي وظائفها . مثلا خلايا ت المساعدة تحفز الخلايا البلعمية الكبيرة لتلتهم الأجسام المضادة ، وتحفز خلايا ب لصنع أجسام مضادة . ولأن فيروس الإيدز يهاجم خلايا ت المساعدة ، فهي تحمل الاستجابة للمناعة .

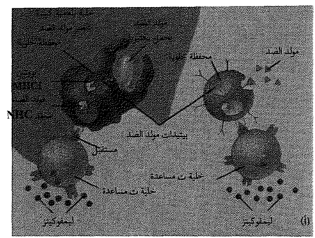
وعندما تنقسم خلايا ت المساعدة المنشطة ، فإن الكْلون يحتوي خلايا ت الكابتة وخلايا ت الذاكرة . وحال وجود كمية كافية من خلايا ت الكابتة ، تتوقف استجابة المناعة . ويتبع الكبت استمرار وجود تجمعات من خلايا ت الذاكرة ، وقد تستمر مدى الحياة . وهذه الخلايا قادرة على إفراز ليمفوكينيز وتحفيز الخلايا البلعمية الكبيرة وخلايا ب ، عند دخول الجسم مولد الضد نفسه مرة ثانية .

٢-٥-١- تنشيط خلايا ت السامة للخلايا والمساعدة للخلايا

لخلايا ت مستقبلات تماما كما لخلايا ب ، وخلايا ت السامة للخلية وخلايا ت المساعدة غير قادرة على تمييز مولد الضد الموجود في الدم أو الليمف بسهولة . وبدلاً عن ذلك يجب أن يأتي مولد الضد إليها بوساطة خلية إحضار مولــد الضد ، وعندما تلتهم خلية إحضار مولد الضد ، مثل الخلية البلعمية الكبيرة ، خلــية بكتيريا أو فيروس ، تتحطم خلية إحضار مولد الضد إنزيميا إلى قطع ببتيدية لهــا صفات مولد الضد ، والقطع الببتيدية هذه ترتبط مع بروتين يوجد على أسطح الخلايا يسمى (major histocompatibility complex) (MHC) ، وتظهر معا لخلية ت في الغشاء البلازمي . وتمت ملاحظة أهمية بروتينات MHC في البداية عندما تم اكتشافها بأنها تسهم في خصوصية الأنسجة ، ويجعل من الصعوبة زراعة نسيج من شخص لآخر . وبكلمات أخرى يجب أن يكون المعطي والمستقبل متوافقين نسيجيا ؛ حتى تكون عملية الزراعة ناجحة دون استعمال حبوب كبت المناعة .

ويوجد نوعان من بروتينات (MHC) ، تعرف ب MHCI وMHCII . وتظهر معظم خلايا الجسم بروتينات من النوع MHCI ، وخلايا من جهاز المناعة فقط ، وهي الخلايا البلعمية الكبيرة ، وخلايا ب ، وبعض خلايا ت ، تظهر بروتينات من نوع MHCII ، وهذا يسمح لخلايا جهاز المناعة أن تميز بعضها .

ويظهر (شكل ١٥- ١٠ أ) خلية بلعمية كبيرة وخلية ب تحضر مولد ضد لخلية ت المساعدة . وحال تمييز خلية ت المساعدة مولد ضد ، فإنها تعمل على توسع كلونة ، منتجة خلايا ت الكابتة وخلايا ت الذاكرة ، التي تستطيع أيضا تمييز مولد الضد نفسه . ومن المعلوم جيدا أن خلايا إحضار مولد الضد هي الخلايا البلعمية الكبيرة . وخلايا ب ، وفي الحقيقة يمكن لأي خلية في الجسم ان تصبح خلية إحضار مولد ضد . فعلى سبيل المثال ، يظهر الشكل (١٥-١٠ ب) خلية مصابة بفيروس تحضر مولد الضد إلى خلية ت السامة للخلايا ، وحال تمييز «خلية ت السامة للخلايا» مولد الضد فإنها تهاجم أي خلية تصاب بالفيروس نفسه وتحطمها . .



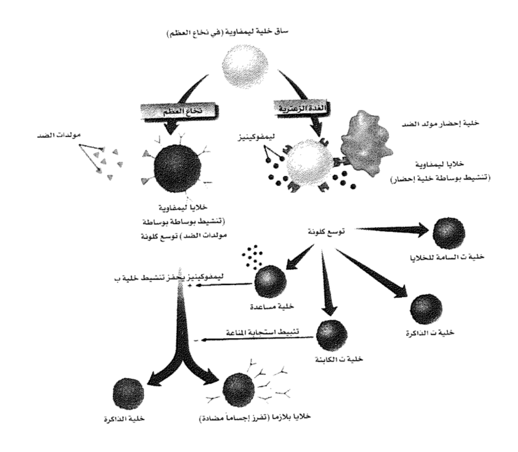


شكل (١٥-١٠) تنشيط خلايا ت

ويلخص جدول (١٥-٢) وشكل (١٥- ١١) مناقشتنا لخلايا ب وخلايا ت.

جدول (١٥-٢) بعض صفات خلايا ب وخلايا ت

الخاصية	خلايا ب	خلايا ت	
		السامة للخلايا	المساعدة
- نوع المناعة	توسط جسم مضاد.	توسط خلية.	يجب إحضارها بوساطة خلية إحضار مولد ضد.
- تمييز مولد ضد	تمييز مباشر.	يجب إحضارها بوساطة خلية إحضار مولد ضد.	تفرز ليمفوكينيز وتثير خلايا مناعة أخرى.
- استجابة نهائية	خلايا ذاكرة.	خلايا حاملة لمولد ضد.	خلايا كابتة وذاكرة.



شكل (١٥-١١) ملخص لأعمال خلايا ب وخلايا ت

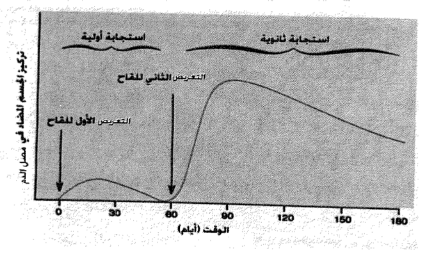
٢-٦- العلاج المناعي Immunotherapy

يساعد جهاز المناعة الناس على تجنب الأمراض أو الشفاء منها . وقد استخدمت بعض التقنيات لهذا الغرض منذ وقت طويل ، وبعضها حديث نسبيا .

٢-٦-١ - المناعة المستحثة Induced Immunity

المناعة النشطة ، تزود الفرد بحماية تدوم مدة طويلة ضد الكائن الحي المسبب للمرض – في معظم الحالات اليوم ، ليس من الضروري أن تصاب بالمرض لتصبح لديك مناعة ؛ لأنه من الممكن أن تصبح لديك مناعة اصطناعية ضد المرض باستخدام لقاحات (vaccines) . واللقاحات قديما هي بكتيريا وفيروسات (مولدات ضد) عولجت بحيث أصبحت غير سامة جدا ، أي غير قادرة على إحداث مرض ، لكن طورت طرق جديدة لإنتاج لقاحات . مثلا يمكن استخدام تقنية التراكيب الجديدة لـ د ن أ (recombinant DNA) لإنتاج البروتين على نطاق واسع لاستخدامه كلقاح . واستخدمت هذه الطريقة لتحضير لقاح ضد التهاب الكبد ب (hepatitis B) .

وبعد إعطاء اللقاح ، يمكن تحديد كمية الجسم المضاد في عينة من مصل الدم – وهذا يسمى العيار الحجمي للجسم المضاد (titer antibody) . وبعد أول تعرض لمولد ضد ، تحدث الاستجابة الأولية ، ولمدة عدة أيام ، لا توجد أجسام مضادة ؛ وبعدها تظهر زيادة بطيئة في العيار الحجمي ، يتبعه انخفاض تدريجي شكل (١٥-١٢) .



شكل (١٥-١٢) تطور المناعة النشطة الناشئة عن اللقاح

وبعد التعريض الثاني ، يمكن حدوث استجابة ثانوية . وإذا حدث ذلك ، يرتفع العيار الحجمي بسرعة إلى مستوى أعلى بكثير من قبل . ويسمى التعريض الثاني في تلك الحالة المعزز (booster) ؛ لأنها تعزز العيار الحجمي المضاد إلى مستوى عالٍ . وتعزى الاستجابة الثانوية الجيدة إلى عدد خلايا البلازما وخلايا الذاكرة في مصل الدم . وعند التعريض الثاني ، فإن هذه الخلايا موجودة ، ويمكن إنتاج الأجسام المضادة بسرعة .

وتحدث المناعة السالبة (passive immunity) عندما يعطى الفرد أجساما مضادة جلوبيولينات مناعية (immunoglobulines) لمقاومة المرض . وحال عدم إنتاج خلايا ب للفرد للأجسام المضادة ،تبقى المناعة السالبة وقتا قصيرا . مثلا ، الأطفال حديثو الولادة عندهم مناعة سالبة ، لأن الأجسام المضادة اخترقت المشيمة من دم الأم . وتختفي هذه الأجسام المضادة فور الولادة ، ويصبح المواليد أكثر قابلية للإصابة . والرضاعة الطبيعية تطيل زمن المناعة السالبة التي يتلقاها المواليد من حليب الأم ، لوجود أجسام مضادة فيه .

٢-٧- الأجسام المضادة أحادية الكْلونة Monoclonal Antibodies

كل خلية بلازما تشتق من خلية ب نفسها التي تفرز أجساماً مضادة ضد مولد ضد معين ، كما ذكرنا سابقا . وهذه أجسام مضادة أحادية الكلونة ؛ لأنها جميعا من النوع نفسه (أحادية) ؛ ولأنها نتجت بوساطة خلايا بلازما المشتقة من خلية ب نفسها (كْلون) . ويمكن إنتاج أجسام مضادة أحادية الكْلونة خارج الكائن الحي (في أوعية زجاجية في المختبر) .

تزال خلايا الليمف ب من الجسم (من الفئران) ، وتعرّض إلى مولد ضد معين . وتلتحم مع خلية سرطانية (myeloma) (خلية بلازما ضارة) ؛ ولأن هذه الخلايا لا تشبه خلايا البلازما الطبيعية ، تعيش وتنقسم بصورة فردية . وتسمى الخلايا الملتحمة أورام هجينة . (hybridomas) ؛ (hybrid) هجين لأنها نتجت من اتحاد خليتين مختلفتين و (oma) أورام لأن إحدى الخليتان هي خلية سرطانية . وفي الوقت الحاضر ، تستخدم الأجسام المضادة أحادية الكْلونة للتشخيص السريع والمحدد

لحالات متنوعة . مثلا ، يوجد هرمون معين في بول المرأة الحامل ، ويمكن استخدام جسم مضاد أحادي الكْلونة لاكتشاف الهرمون ، وبذلك يتم تحديد إن كانت المرأة حاملاً أم لا . وتستخدم الأجسام المضادة أحادية الكلونة أيضا لتحديد الإصابة وهي دقيقة جدا حتى أنه يمكنها تصنيف الأنواع المختلفة لخلايا ت في عينة دم . ولأن الأجسام المضادة أحادية الكْلونة يمكنها التمييز بين خلايا الأنسجة الطبيعية وخلايا الأنسجة السرطانية ، فإنها تستخدم لحمل النظائر المشعة أو الحبوب السامة فقط للأورام الخبيثة ، وبذلك يمكن أن تتحطم هذه الأورام الخبيثة اختياريا .

٢-٨- الآثار الجانبية للمناعة وأمراضها

Immunological Side Effects and Illnesses

يحمينا جهاز المناعة من الأمراض ؛ لأنه يمكن أن يستكشف الذات من غير الذات . وأحيانا يكون جهاز المناعة ناقص الحماية ، مثلاً عندما يصاب شخص بسرطان ، أو يكون جهاز المناعة مفرط في الحماية ، مثلاً عندما يصاب شخص بحساسية .

٢-٨-١- الحساسية Allergies

من الأنواع الخمسة للأجسام المضادة جدول (١٥- ١) (IgA ، IgD ، IgE ، IgG ، IgM) . IgE تسبب الحساسية . وتوجد الأجسام المضادة IgE في مجرى الدم ، ولكنها لا تشبه الأنواع الأخرى من الأجسام المضادة ، وأيضا توجد في غشاء الخلايا الصارية (mast cells) الموجودة في الأنسجة . ويؤكد بعض الباحثين أن الخلايا الصارية هي خلايا قاعدية الاصطباغ (basophils) تركت مجرى الدم واستقرت في الأنسجة ، وعندما تهاجم المادة المسببة للحساسية ، وهي عبارة عن جسم مضاد يحفز تفاعل الحساسية والأجسام المضادة لـ IgE على الخلايا الصارية ، وتحرر هذه الخلايا الهيستامين ومواداً أخرى مسببة إفراز المخاط وتقليص ممر الهواء ، وينتج عنه أعراض الحساسية . وفي العادة ، تحرر الخلايا قاعدية الاصطباغ وخلايا بيضاء أخرى هذه المواد الكيميائية إلى مجرى الدم . وزيادة نفاذية الشعيرات الدموية الناتجة عن هذا يمكن أن يؤدي إلى فقدان السائل .

٢-٨-٢ - رفض الانسجة Tissune Rejection

تستطيع كل من خلايا ت السامة للخلية و/ أو الأجسام المضادة أن تحلل الأنسجة الغريبة التي تدخل الجسم . ويمكن ضبط رفض العضو بطريقتين :

لاختيار الدقيق للعضو ليزرع ، وإعطاء الدواء للمناعة المكبوتة ، ومن الأفضل أن يكون للعضو المزروع النوع نفسه من بروتينات MHC كتلك التي للمستقبل ؛ لأن خلايا ت السامة للخلية تميز بروتينات MHC الغريبة . وحبوب المناعة المكبوتة (immunosuppressive drug) سايكلوسبورن (cyclosporin) تستخدم طوال عدة سنوات . وحبوب التجربة FK-506 يمكن أن يحل محل سايكلوسبورن كحبوب مختارة للمرضى المزروعين . في أكثر من ١٠٠ مريض يتناولون FK- 506 ، فإن معدل رفض العضو كان $\frac{١}{٦}$ المرضى الذين يتناولون سايكلوسبورن .

٢-٩- أمراض المناعة الذاتية Autoimmune Diseases

تعزى بعض أمراض الإنسان إلى إنتاج الأجسام المضادة التي تعمل ضد أنسجة الفرد نفسه . وفي حالة الوهن العضلي (myasthenia gravis) تهاجم الأجسام المضادة الذاتية الالتحامات العصبية العضلية (neuromuscular junctions) ، وبذلك لا تذعن العضلات للمثيرات العصبية . وينتج الضعف العضلي . وعند تصلب الأوعية والأعصاب المتعدد (multiple sclerosis) ، تهاجم الأجسام المضادة ميلين الألياف العصبية ، مسببة تلف عصبي عضلي متنوع . والشخص الذي له ذآب احمراري (احمراري قرصي) بدني (systemic lupus erythematosus) ، يكوّن الرثواني أجساما مضادة متنوعة لمختلف أجزاء الجسم ، بما فيها د ن أ نواة الخلية . وأحيانا ينتج عن المرض الموت ، وعادة يعزى إلى تلف الكلية . وفي حالة التهاب المفصل الرثواني (rtheumatoid arthritis) ، تصاب المفاصل . وعند حدوث أمراض المناعة الذاتية ، فإن الإصابة الفيروسية للخلايا تحدث تفاعل مناعة لأنسجة الجسم نفسها . وتوجد إثباتات تؤكد أن نوع I من السكري هو نتيجة لتسلسل هذه الأحداث ، كما هو الحال في تلف القلب الذي يتبع الحمى الروماتيزمية .

٠٣ الخلاصة

٠١ الجهاز الليمفاوي له وظائف متنوعة . تجمع الشعيرات الليمفاوية سائل الأنسجة الزائد ، الذي يتحرك في الأوردة الليمفاوية إلى الدورة الدموية الوريدية . والأوعية الليمفاوية الناقلة للكيْلوس تمتص نواتج هضم الدهن ، والأعضاء الليمفاوية (نخاع العظم ، والغدة الزعترية ، والعقد الليمفاوية ، والطحال) تساعد على حماية الجسم من الأمراض .

٠٢ يتكون الدفاع العام للجسم من حواجز تمنع دخول الجراثيم ، وخلايا دم بيضاء بلعمية ، وبروتينات حماية .

٠٣ الاستجابة للمناعة محددة لمولد ضد معين ، وتحتاج نوعين من الخلايا الليمفاوية ، كلاهما ينتج في نخاع العظام . وتنضج خلايا ب في نخاع العظام ، وتنضج خلايا ت في الغدة الزعترية .

٠٤ خلايا ب مسؤولة عن المناعة المتوسطة للجسم المضاد . فعندما ينطبق شكل مولد الضد على شكل مستقبل خلية ب ، تقوم خلية ب تلك بتمدد (بتوسع) كْلونة ، clonal expansion ، منتجة خلايا بلازمية تفرز أجساماً مضادة وخلايا ذاكرة ، وانسجاماً مع النظرية الاختيارية للكْلونة (clonal selection therory) ، يختار مولد الضد خلية ب التي تتكاثر .

٠٥ الجسم المضاد جزيء على شكل حرف Y له موقعي ارتباط ، وكل جسم مضاد مختص بمولد ضد معين .

٠٦ لتميز خلية ت مولد ضد ، يجب إحضار مولد ضد بوساطة خلية إحضار مولد الضد (APC) ،وبرفقته بروتين (MHC) . (MHCI في الخلية البلعمية الكبيرة . وMHCII للفيروس الذي يصيب الخلايا) .

٠٧ توجد أربعة أنواع من خلايا ت : خلايا سامة ، وهي تقتل الخلايا بالتلامس ؛ وخلايا مساعدة ، تثير خلايا مناعة أخرى ، وخلايا كابتة ، تكبت استجابة المناعة ؛ وخلايا ذاكرة وهي خلايا للذاكرة .

٠٨ يمكن تعزيز المناعة بوساطة شراب للمناعة . وتعزز اللقاحات المناعة النشطة ، وأحيانا توجد الأجسام المضادة لتمد الشخص بمناعة موجبة بوقت قصير . وتستخدم الكْلونة الأحادية لأغراض متعددة .

٠٩ للمناعة آثار جانبية سيئة . فتعزى الحساسية لفرط نشاط جهاز المناعة الذي يحول الأجسام المضادة إلى مواد لا تميز كأجسام غريبة . والخلايا السامة للخلية تهاجم الأعضاء المزروعة . وتحدث أمراض المناعة الذاتية عندما تتكون الأجسام المضادة ضد خلايا الجسم نفسه .

٠٤ أسئلة للتقويم الذاتي

٠١ الجهاز المتمم :

أ) آلية الدفاع العام   ب) سلسلة بروتينات موجودة في البلازما

جـ) تلعب دورا في تحطيم البكتيريا   د) جميع ما ذكر

٠٢ أي من الآتي لا يتعلق بخلايا ت؟

أ) لها مستقبلات خاصة   ب) لها خلية مناعة متوسطة

حـ) تحفز إنتاج الجسم المضاد بوساطة خلايا ب

د) ليس لها تأثير في الخلايا البلعمية الكبيرة

٠٣ أي من الآتي لا يتعلق بخلايا ب؟

أ) تمر خلال الغدة الزعترية   ب) مستقبلات خاصة

حـ)مناعة متوسطة للجسم المضاد

د) تصنع الأجسام المضادة وتحررها

٠٤ تنص نظرية الكلونة الاختيارية على :

أ) يختار مولد الضد خلايا ب معينة ويكبتها .

ب) يحفز مولد الضد تضاعف خلايا ب التي تنتج أجساما مضادة ضدها .

حـ) تختار خلايا ت خلايا ب التي يجب أن تنتج أجساما مضادة بغض النظر عن مولدات الضد .

د) تكبت خلايا ت جميع خلايا ب ما عدا تلك التي يجب أن تتضاعف وتنقسم

٠٥ خلايا البلازما هي :

أ) خلايا الذاكرة نفسها .

ب) تكونت من بلازما الدم .

جـ) خلايا ب تفرز أجساما مضادة بنشاط .

د) خلايا ت غير نشطة تنتقل في البلازما .

٠٦ لتميز خلايا ت مولد الضد ، يجب أن تتفاعل مع :

أ) الجهاز المتمم ب) خلية بلعمية كبيرة

جـ) خلية ب د) جميع ما ذكر .

٠٧ تتحد الأجسام المضادة مع مولدات الضد في :

أ) مناطق متغيرة ب) مناطق ثابتة

جـ) حالة وجود خلايا بلعمية كبيرة فقط د) جميع ما ذكر

٠٨ أي من الآتي خطأ :

أ) خلايا ت المساعدة - تساعد تفاعل الجهاز المتمم

ب) خلايا ت القاتلة - نشطة في النسيج الرافض

جـ) خلايا ت الكابتة - تمنع الاستجابة للمناعة

د) خلايا ت الذاكرة - تشكل حياة طويلة لخلايا ت

٠٩ اللقاحات هي :

أ) أجسام مضادة وحيدة الكْلونة نفسها

ب) تعالج البكتيريا أو الفيروس أو إحدى بروتيناتها

جـ) بروتينات MHC د) جميع ما ذكر

٠١٠ النظرية التي خلف استعمال ليمفوكينير في علاج السرطان هي :

أ) إذا نمى السرطان ، يصبح جهاز المناعة عاجزاً .

ب) يحفز الليمفوكينيز جهاز المناعة .

جـ) تحمل خلايا السرطان مولدات الضد التي يجب أن تميزها خلايا ت القاتلة .

د) جميع ما ذكر .

١١. يتولى الجسم الدفاع عن سلامته ، كيف تدعم دراستك لجهاز المناعة هذا المبدأ .

١٢. تحافظ آليات الصفوف المتعددة على الاتزان البدني . كيف تدعم دراستك لجهاز المناعة هذا المبدأ؟

١٣. تنتمي الأعضاء إلى أجهزة . برهن أن نخاع العظام الأحمر هو جزء من الأجهزة الآتية . الهيكلي ، والدوراني ، والليمفاوي .

٥. أسئلة للمراجعة

١. ما الجهاز الليمفاوي؟ وما وظائفه الرئيسة؟

٢. صف تركيب وعمل كل من : نخاع العظام ، والعقد الليمفاوية ، والطحال ، والغدة الزعترية .

٣. ميز بين الدفاع العام والدفاع الخاص للجسم ضد المرض .

٤. قارن بين خلايا ب وخلايا ت في عدد من الطرق الممكنة .

٥. ما نظرية الكْلونة الاختيارية؟

٦. فسر العملية التي تسمح لخلية ت تمييز مولد الضد .

٧. حدد الأنواع الأربعة لخلايا ت ، ووظائف كل نوع .

٨. ناقش كلا من الحساسية ، ورفض النسيج ، والمناعة الذاتية للمرض كارتباطها بجهاز المناعة .

٩. اربط المناعة النشطة بوجود خلايا البلازما وخلايا الذاكرة .

إجابات أسئلة التقويم الذاتي

الفصل الأول

١ . خاصية التأين للماء وهي شحنتاه السالبة جزئياً والموجبة جزئياً تجعله مذيبا جيدا للأيونات ، ولعدد من الجزيئات في الخلية .

٢ . سمي الانشطار المائي هكذا ؛ لأن المساهمة تبدأ عند إضافة الماء إلى الجزيء الذي ينشطر .

وفي تفاعل إزالة الماء – التكثيف ، فان المساهمة التي تربط الجزيئين معا ؛ ليكونا جزيئا واحدا ، مرتبطة بإزالة جزيء ماء منهما .

٣ . رابطة الهيدروجين رابطة ضعيفة تتكون من ذرة هيدروجين شحنتها جزئيا موجبة في جزيء وذرة أخرى شحنتها جزئيا سالبة في جزيء آخر مثل الأكسجين ، أو النيتروجين .

٤ . الاتزان هو حالة المحلو حيث يكون معدل تفكك الماء إلى أيونات هيدروجين (H^+) وأيونات هيدروكسيل (OH^-) مساوية إلى معدل إعادة اتحاد هذه الأيونات ؛ لتكوين الماء .

٥ . يود : أحد مكونات هرمون الثيروكسين ، وهرمونات أخرى .

زنك : عامل مرافق ، أو منشط لبعض الإنزيمات .

حديد : يدخل في تركيب الهيموجلوبين وإنزيمات التنفس الخلوي .

فوسفور : يدخل في تركيب الليبيدات ، والبروتينات ، والأحماض النووية .

كالسيوم : يدخل في تركيب نسيج العظام ، وعامل مرافق لإنزيمات تجلط الدم .

٦ . البروتينات ، والأحماض النووية ، والليبيدات .

٧ . البروتينات ، والأحماض النووية ، والكربوهيدرات .

٨ . المجموعات الجانبية (R)

٠٩ لايسين هو الأكثر ذائبية في الماء ، لأن مجموعته الجانبية (R) مستقطبة عند pH المتعادل . والتربتوفان هو الأقل ذائبية ؛ لأن مجموعته الجانبية (R) غير مستقطبة .

٠١٠ حلزونات ألفا ، وتراكيب بيتا ، تثبت بروابط هيدروجينية .

٠١١ تنثني سلسلة عديد الببتيد إلى شكل ثلاثي يخفض تفاعل المجموعات الجانبية الكارهة للماء مع الماء إلى الحد الأدنى ، ويزيد تفاعل المجموعات الجانبية العاشقة للماء مع الماء إلى الحد الأقصى . ولذلك ؛ فإن الأحماض الأمينية بمجموعاتها الجانبية الكارهة للماء تميل للانغمار داخل البروتين ، بينما تميل المجموعات الجانبية إلى أن تكون على سطح البروتين .

٠١٢ إضافة طاقة على شكل حرارة تحطم الروابط الضعيفة ، مثل روابط الهيدروجين ، التي تثبت التركيب الثلاثي . ترتبط الأحماض الأمينية معا في التركيب الأولي بوساطة روابط تساهمية قوية جدا لا تتأثر بالتسخين إلى ٨٠°س .

٠١٣ يحتوى رن أ رايبوز ويوراسل . ويحتوي دن أ رايبوز منقوص الأكسجين وثايمين بدلا من اليوراسل .

٠١٤ قاعدة نيتروجينية ، وسكر رايبوز ، أو رايبوز منقوص الأكسجين ، ومجموعة فوسفات .

٠١٥ بوساطة رابطة تساهمية بين ذرة الأكسجين المرتبطة مع ذرة الكربون رقم١ ، وذرة الكربون رقم ٤ (شكل ١-٤٣) .

٠١٦ ترتبط ذرات الكربون في سلسلة الكربون والهيدروجين للحامض الدهني المشبع بروابط تساهمية مفردة . يوجد في الحامض الدهني غير المشبع على الأقل رابطة مزدوجة بين ذرتي كربون .

الفصل الثاني:

۰۱ قوة تحليل

۰۲ رايبوسومات ، شبكة إندوبلازمية خشنة

۰۳ دن أ ، كروموسومات ، كروماتين .

۰٤ شبكة إندوبلازمية خشنة ، حويصلات ناقلة ، جهاز جولجي ، كربوهيدرات ، ليبيدات .

۰٥ أجسام محللة .

۰٦ أجسام فوق أكسيدية .

۰۷ أعراف ، ATP .

۰۸ أنيبيبات دقيقة .

۰۹ أنبيبات دقيقة ، خيوط دقيقة ، خيوط متوسطة .

۰۱۰ أهداب ، أسواط ، أنبيبيبات دقيقة ، ۲ زوج ، ۹ أزواج .

۰۱۱ نوية ، نواة .

۰۱۲ جلايكوبروتين .

۰۱۳ ن	۰۱٤ ي	۰۱٥ و
۰۱٦ ز	۰۱۷ هـ	۰۱۸ ل
۰۱۹ م	۰۲۰ ك	۰۲۱ ط
۰۲۱ ح	۰۲۳ د	۰۲٤ ج
۰۲٥ ب		

الفصل الثالث

١ . يجب ان يتضاعف عدد الكروموسومات كل جيل .

تحتوي سلالات الكائن الحي بعد :

٥ أجيال ٨×٢°= ٦٥٢ كروموسوماً

١٠ أجيال ٨× ٢ ١٠ =

١٠٠ جيل ٨× ٢ ١٠٠ =

٢ . جميع أنواع الخلايا هي نواتج الانقسام المنصف ، وبذلك يحتوي كل منها العدد النصفي للكروموسومات وهو ٢٣ .

٣ . الكائنات الحية التي تتكاثر جنسيا ستنتج تنوعا وراثياً أكثر من التي تتكاثر لاجنسيا . فالانقسام المنصف يؤكد التراكيب الجديدة للكروموسومات من الأم ومن الأب ، وكذلك التراكيب الجديدة للجينات بين الكروموسومات المتماثلة . ونسل الكائنات الحية التي تتكاثر لاجنسيا يكون موحد الوراثة (genetically uniform) (ما عدا الطفرات التي تحدث ، طبعا في نسل الكائنات الحية التي تتكاثر جنسيا) .

الفصل الرابع

السؤال الأول

٠١ الطّلائي

٠٢ الحماية ، الإمتصاص ، الإفراز ، الإحساس .

٠٣ بسيطة ، طبقية .

٠٤ نسيج طلائي عمودي بسيط

٠٥ نسيج طلائي طبقي

٠٦خلايا كأسية

٠٧ اللحمة (ستروما)

٠٨ نسيج رابط كثيف

٠٩ الخهيموجلوبين

٠١٠ البلازما

السؤال الثاني

٠١١ أ	٠١٢ د	٠١٣ و	٠١٤ هـ	٠١٥ ي
٠١٦ ب	٠١٧ ج	٠١٨ ط	٠١٩ ز	٠٢٠ ح

الفصل الخامس

١ . يهضم ، يمتص

٢ . الأعور ، البكتيريا التي تهضم السليولوز .

٣ . الطبقة المخاطية .

٤ . التحوي .

٥ . المريء ، الإثنا عشر (الأمعاء الدقيقة) .

٦ . الغدد المعدية ، المعدة .

٧ . الإثنا عشر .

٨ . الدهن .

السؤال الثاني

٩ . د .	١٠ . أ	١١ . و
١٢ . هـ	١٣ . ج ، و	١٤ . ب .

الفصل السادس

٠١ القصبة الهوائية ، الشعبتان الهوائيتان .

٠٢ حويصلات الرئة .

٠٣ الحجاب الحاجز .

٠٤ السعة الحيوية .

٠٥ الأكسجين .

٠٦ أوكسي هيموجلوبين ، تأثير بور .

٠٧ أيونات بايكربونات .

٠٨ د ٠٩ أ ٠١٠ ب ٠١١ج

الفصل السابع

٠١ج ٠٢ ب

٠٣ أ ٠٤ د

٠٥ ج ٠٦ الفيبرين

٠٧ الشرينات ٠٨ الشعيرات الدموية

٠٩ الانقباضي ، الانبساطي

٠١٠ عقدتان عصبيتان ، الجيب أذينية ، الأذينية البطينية

٠١١ الأورطي ٠١٢ الدماغ

٠١٣ خلية في الأمعاء ← سائل خارج الخلية ← أوعية ليمفاوية ← قناة صدرية ← وريد أجوف ← أذين أيمن ← بطين ايمن ← شريان رئوي ← شعيرات دموية رئوية ← وريد رئوي ← أذين أيمن بطين أيسر ← الأورطي ← شريان ← شرين ← شعيرة دموية ← سائل خارج الخلية ← خلية في نسيج دهني .

الفصل الثامن

٠١ أ ٠٢ ج ٠٣ د

٠٤أ ٠٥د ٠٦ ب

٠٧ أ ٠٨ هـ ٠٩ ج

٠١٠ هـ ٠١١ أ ٠١٢ ب

٠١٣ د

الفصل التاسع

٠١ ب ٠٢ أ ٠٣جـ

٠٤ أ ٠٥ أ ٠٦ د

٠٧ د ٠٨ ب ٠٩ د

٠١٠ ج ، ز ، هـ ، د ، و ، أ ، ب

الفصل العاشر

٠١ ٣٥٠، ٢٠٦

٠٢ الجمجمة والقفص الصدري والعمود الفقري .

٠٣ الزلالية (السينوفية)

٠٤ الزند والكعبرة .

٠٥ القصبة والشظية .

٠٦ المسطحة .

الفصل الحادي عشر

٠١ الأنسجة المستهدفة ٠٢ هرمونات

٠٣ مرسال كيميائي ينتجه نوع من الخلايا وله تأثير تنظيمي معين في نشاط نوع آخر من الخلايا

٠٤ غشاء الخلية ٠٥ التغذية الراجعة السالبة

٠٦ تحت السرير البصري ٠٧ زيادة ، هرمون النمو .

٠٨ الثيرويد ٠٩ الجلوكوز ، الدهن والبروتين

٠١٠ الفص الأمامي للغدة النخامية ، الهرمون المحفز لهرمونات الغدة الدرقية (TSH) .

٠١١ ب	٠١٢ ج	٠١٣ أ
٠١٤ هـ	٠١٥ ج	٠١٦ ب	٠١٧ ج

الفصل الثاني عشر

٠١ أ	٠٢ ج	٠٣ د	٠٤ ب
٠٥ هـ	٠٦ ب	٠٧ د	٠٨ ج
٠٩ أ	٠١٠ هـ	٠١١ ج	٠١٢ ب
٠١٣ د	٠١٤ أ	٠١٥ ب	٠١٦ أ
٠١٧ ج	٠١٨ د		

الفصل الثالث عشر

٠١ أعضاء الإحساس ، الجهاز العصبي المركزي .

٠٢ التشابكات العصبية . ٠٣ مثيرات .

٠٤ أعصاب . ٠٥ عصبون ، عقدة عصبية .

٠٦ تلقي المثيرات ، نقل السيالات العصبية .

٠٧ تجديد المحاور التالفة . ٠٨ غلاف خلوي ، غلاف ميليني .

٠٩ أجسام الخلايا . ٠١٠ جهد الراحة .

٠١١ المثير . ٠١٢ لا استقطاب .

٠١٣ جهد الفعل . ٠١٤ الكل أو العدم .

١٥ ٠ عقدة رانفيير ، عقدة تالية .
١٦ ٠ ناقل عصبي .
١٧ ٠ أستيل كولين .
١٨ ٠ فعل منعكس
١٩ ٠ المورِدة ، الحبل الشركي ، تكامل
٢٠ ٠ ب
٢١ ٠ ج
٢٢ ٠ أ
٢٣ ٠ أ
٢٤ ٠ ب

الفصل الرابع عشر

١ ٠ د　　٢ ٠ ح　　٣ ٠ ح
٤ ٠ أ　　٥ ٠ ب　　٦ ٠ ب
٧ ٠ ب　　٨ ٠ أ

الفصل الخامس عشر

١ ٠ د　　٢ ٠ د　　٣ ٠ أ　　٤ ٠ ب　　٥ ٠ ج
٦ ٠ ب　　٧ ٠ أ　　٨ ٠ أ　　٩ ٠ أ　　١٠ ٠ د

١١ ٠ تحدث الوفاة عندما تفشل المناعة في منع دخول الاحياء الدقيقة من التغلب على الجسم .

١٢ ٠ تتكون المناعة من آليات دفاع فورية وآليات دفاع خاصة ، تعمل ببطء أكبر .

١٣ ٠ العظام جزء من الجهاز الهيكلي . نخاع العظم الأحمر هو مركز تكون خلايا الدم الحمراء والبيضاء ؛ وعليه ، فهي جزء من جهازي الدوران والليمفاوي .

مسرد المصطلحات

• **إباضة: Ovulation**

عملية خروج البويضة بعد نضجها من المبيض إلى تجويف الجسم .

• **الاثنا عشر: Duodenum**

الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة المتصل بالمعدة ويبلغ طوله نحو اثنتي عشرة بوصة وتصب فيه عصارتا البنكرياس والمرارة .

• **أجسام توأمية رباعية: Corpora quodrigmina**

أربعة بروزات حلمية الشكل في الدماغ المتوسط وتحتوي مراكز مرور الاحساسات البصرية والسمعية .

• **أجسام فتيلية: Mitochondria**

عضيات حية موزعة في السيتوبلازم وتعتبر مراكز الطاقة في الخلية .

• **أجسام مخططة: Corpora striata**

تسمى أيضا العقد العصبية القاعدية ، تنشأ في الأجزاء البطنية لنصفي الكرة المخيين ولا ترى خارجيا ، وهي مراكز أعصاب تعمل على تكييف الفعل الحركي .

• **أجسام نسل: Nessil bodies**

حبيبات موجودة في نواة جسم الخلية العصبية ، وهي تجمعات من الميكروسومات (رايبوسومات محاطة بجزء من الغشاء الإندوبلازمي) ولها قدرة على اختزان الأكسجين . وتعتبر أجسام نسل غذاءً مدخرا تستهلكه الخلية العصبية في أثناء نشاطها .

• **أجسام هاسال: Hassal's corpuscles**

مجموعة من خلايا مغلقة توجد في نخاع الغدة الزعترية وهي عبارة عن بقايا النتوءات الخيشومية التي نشأت منها الغدة الزعترية خلال نمو الجنين .

• إجهاد العين: Eye strain

• أحادي المجموعة الكروموسومية: Haploid

خلية أو كائن حي تحتوي خلاياه على مجموعة كروموسومية واحدة (1N).

• إحليل: Urethra

قناة بولية تناسلية مشتركة تمتد في القضيب وتنتهي بالفتحة البولية التناسلية الخارجية .

• أحماض أمينية :

الوحدات البنائية الأساسية التي تكون البروتينات.

• أحماض نووية: Nucleic acids

مصدر الحياة للكائن الحي ، إذ تشرف على جميع العمليات الحيوية في الخلية . ويوجد نوعان من الأحماض النووية : الحامض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين (DNA) ، والحامض النووي الرايبوزي (RAN) .

• إخراج: Excretion

التخلص من مواد زائدة أو ضارة تكونت داخل خلايا نتيجة عمليات الأيض .

• إخصاب: Fertilization

اندماج مشيجين ، أحدهما ذكري والآخر أنثوي لإنتاج اللاقحة .

• أدمة: Dermis

الطبقة العميقة من الجلد ، تتكون من نسيج ضام يحتوي على ألياف مرنة تعطي الجلد مرونته ، ينتشر فيها أوعية دموية كثيرة ، ويوجد فيا نهايات عصبية وأعصاب حسية ، وغدد دهنية وغدد عرفية .

• أدينوسين أحادي الفوسفات: (Adenosin monophosphate) (AMP)

ينتج عند تحطم الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الأولى والثانية في مركب (ADP).

• أدينوسين ثنائي الفوسفات: (Adenosin diphosphate) (ADP)

ينتج عند تحطم الرابطة بين مجموعتي الفوسفات الثانية والثالثة في مركب ATP وتنطلق

طاقة هائلة تقدر بحوالي ١٠٠٠٠ سعر .

- أدينوسين ثلاثي الفوسفات: **Adenosin triphosphate (ATP)**

مركب يحتوي على قاعدة نيتروجينية (أدينين) وسكر خماسي (رايبوز) وثلاث مجموعات فوسفورية ،ويتحلل لينتج طاقة يمكن للكائن الحي أن يستخدمها في التفاعلات الحيوية .

- أذن: **Ear**

عضو السمع والتوازن في الجسم .

- أذينان: **Auricles**

الحجرتان العلويتان للقلب وجدارنهما رقيقة .

- أربسين: **Erapsin**

انظر الببتديز الأميني .

- ارتخاء العضلة: **Muscle relaxation**

أحد أطوار انقباض العضلة ، حيث تعود العضلة إلى طولها الأصلي وتستمر هذه الحالة ٠,٠٥ من الثانية .

- الإرتفاق العاني: **Symphysis pubis**

مكان اتصال نصفي الحزام الحوضي (عظم عديم الاسم) أحدهما بالآخر عند أسفل البطن .

- أستجماتزم: **Astigmatism**

عدم تركيز الأشعة على شبكية العين ، وسببه عدم إنتظام تحدب العدسة أو القرنية .

- إستراديول: **Estradil**

أنظر مبيض .

- إستروجين: **Estrogen**

هرمون يحفز جدار الرحم لإثبات الجنين .

- إستروجينات: **Estrogens**

أنظر مبيض .

● إستـرون: **Estron**

أنظر مبيض .

● استـريـول: **Estriol**

أنظر مبيض .

● اسـتـقـطـاب: **Polarization**

وجود فرق في الجهد بين خارج وداخل الغشاء الخلوي لليف العضلي في حالة الراحة .

● إسـمـنـت: **Cementum**

يغطي السن في منطقة الجذر ، وهو عبارة عن طبقة رقيقة من النسيج الليفي الجامد . وتثبت السن في النسخ (اللثة) .

● أسـنـان دائـمـة: **Permanent teeth**

الأسنان التي تحل محل الأسنان اللبنية بعد سقوطها والطواحن التي تنمو بعد سن السادسة وعدد الأسنان الدائمة اثنتان وثلاثون .

● أسـنـان لـبـنـيـة: **Milk teeth**

الأسنان الأولى التي تظهر للطفل وتسمى أيضا أسناناً ساقطة لأنها ليست دائمة ، بل تسقط ، وعددها عشرون سناً .

● إسـهـال: **Diarrhen**

يصبح البراز مائعا وذلك عندما تقل كمية الماء التي يمتصها القولون عن المعدل الطبيعي .

● أشـعـة نـجـمـيـة: **Astral rays**

خيوط دقيقة تخرج من الحبيبتين المركزيتين في المرحلة التمهيدية للانقسام المتساوٍ .

● أضـراس أمـامـيـة: **Premolars**

تلي الأنياب وعددها أربعة في كل فك ، وتعمل على سحق الطعام .

● أضـراس خـلـفـيـة: **Molars**

تلي الأضراس الأمامية وعددها ستة في كل فك ، وتعمل على طحن الطعام .

• أضلاع سائبة: Floating ribs

أنظر أضلاع طافية .

• أضلاع طافية: Floating ribs

زوجان من الأضلاع لا يتصلان بالقص من الأمام وتسمى أيضا الأضلاع السائبة .

• أظافر: Nails

صفائح قرنية نصف شفافة تغطي المفاصل الأخيرة في أصابع اليدين والقدمين .

• أعصاب أدرينالينية: Adrenergic nerves

أنظر جهاز ودي .

• أعصاب دماغية: Cranial nerves

عددها ١٢ زوجا متصلة مع ساق الدماغ في عدة مستويات مختلفة ، بعضها حسي وآخر حركي وثالث حسي حركي .

• الأعصاب السمبثاوية: Sympathetic nerves

أعصاب تزيد من معدل عمل العقدة الجيب أذينية وبذلك تزداد عدد ضربات القلب .

• أعصاب شوكية: Spinal nerves

عددها ٣١ زوجا ، وتخرج من النخاع الشوكي ولها جميعا وظائف حسية وحركية معا .

• إعياء عضلي: Muscle fatigue

تناقص قدرة العضلة على الانقباض بسبب تراكم حامض اللاكتيك الناتج من الانقباض المتوالي السريع للعضلة .

• أقراص مركل: Merkel's disks

أعضاء إحساس باللمس والسخونة ، توجد قرب سطح الجلد تحت الطبقة الحية في بشرة الجلد .

• اكسيتوسين. Oxytosin

هرمون يفرزه الفص الخلفي للغدة النخامية يعمل على إدرار حليب الأم .

• **أكياس مشبكية: Synaptic vesicles**

توجـد في الـزر الطرفي بأعداد ضخمة وتختزن مواد كيميائية تسمى النواقل المشبكية .

• **ألبومين: Albumen**

بروتين موجود في بلازما الدم ، قابل للذوبان ولازم لاستمرارية الحياة ، ويتم صنعه إلى حد كبير في الكبد ، ويتحكم في كمية الماء الذي يستخلصه الدم من الأنسجة في أثناء عبوره في الشعيرات .

• **البينو: Albino**

إنعدام الميلانين في بشرة الجلد فيصبح الإنسان عديم الصبغة .

• **ألفا أميليز: X-amlase**

انظر بتيالين .

• **إلتهاب الملتحمة: Conjuctivitis (pinkeye)**

الإصابة بفيروس أو بكتيريا يؤدي إلى إلتهاب الملتحمة .

• **التواء هنلي: Henle's loop**

أنيبيبة رفيعة على شكل حرف U وهي الجزء الأوسط من أنبوب النفرون وتعمل على تركيز البول .

• **النتويز: Allantois**

غشاء ينشأ من قناة الجنين الهضمية ، يتصل بأنسجة الرحم مضيفا أوعية دموية إلى الجزء الكوريوني من المشيمة ، ولا توجد له أية أهمية ، إذ يتلاشى بعد فترة من تكونه .

• **ألياف بيركنجي: Puikinje Fibers**

ألياف موصلة ومتفرعة في عضلة القلب ، لنقل السيالات العصبية إلى جميع أجزاء البطينين بسرعة .

• **أم جافية: Dura mater**

الطبقة الخارجية من السحايا تحيط بعظام الجمجمة والقناة الفقارية .

● **أم حنون: Pia mater**

غشاء داخلي رقيق وهو الطبقة الداخلية من السحايا يحيط بالدماغ والنخاع الشوكي مباشرة .

● **إمساك: Constipation**

يصبح البراز صلباً وذلك عندما تزداد كمية الماء التي يمتصها القولون عن المعدل الطبيعي .

● **أمعاء دقيقة: Small intestine**

أحد مكونات الجهاز الهضمي ، وتلي المعدة ، وهي أنبوبة عضلية ملتفة على نفسها وطولها نحو ٧ أمتار .

● **أمعاء غليظة: Large intestine**

أحد مكونات الجهاز الهضمي ، تلي الأمعاء الدقيقة ، وتعتبر الجزء الأخير من القناة الهضمية . تتكون من أنبوبة عضلية طولها نحو ١٦٠سم وقطرها نحو ٨سم .

● **أمهات البويضات: Oogonia**

خلايا تتميز كل منها من حويصلة جراف يكبر حجمها ، وتحتوي كل منها على عدد الكروموسومات الكامل .

● **أمهات الحيوانات المنوية: Spermatogonia**

خلايا تنتج عن انقسام الخلايا الجرثومية الأولية المبطنة لجدار الأنابيب المنوية عدة انقسامات متساوية ، وتحتوي كل خلية على عدد الكروموسومات الكامل .

● **أمونيا: Ammonia**

مادة سامة تتكون نتيجة فصل مجموعة الأمين من الأحماض الأمينية .

● **إميلوبسين: Amylopsin**

انظر بيتا أميليز

● **أنابيب منوية: Seminiferous tubules**

أنابيب ملتوية في الخصية تتكون فيها حيوانات منوية .

• إنبات: **Implantation**

إنغراس الجنين في الرحم حال دخوله ، وتتم هذه العملية بعد سبعة أيام ونصف اليوم تقريبا من وقت التلقيح .

• أنبوبة جامعة: **Collecting tubule**

أنبوبة تصب فيها الأنبوبة الملتوية البعيدة .

• أنبوبة ملتوية بعيدة: **Proximal convoluted tubule**

الجزء من أنبوب النفرون البعيد عن محفظة مالبيجي .

• أنبوبة ملتوية قريبة: **Distal convoluted tubule**

الجزء من أنبوب النفرون القريب من محفظة مالبيجي .

• انترفيرون: **InterFeron**

مجموعة من البروتينات تحررها الخلايا كرد فعل للإصابة بالفيروسات ، ولحفز هذه الخلايا على إنتاج البروتينات المقاومة لهذه الفيروسات .

• انتشار: **Diffusion**

عملية فيزيائية لا تحتاج إلى طاقة ، وتنتقل المواد من المنطقة ذات التركيز العالي للمواد المنتشرة إلى المنطقة ذات التركيز الأقل .

• انتقال نشط: **Active transport**

عملية تحتاج إلى طاقة لنقل المواد الغذائية المهضومة من الامعاء الدقيقة إلى الطبقة تحت المخاطية للأمعاء حيث توجد الخملات وتسمى أيضاً الامتصاص الاختياري ويكون عكس التركيز .

• انتيروجاسترين: **Enterogastrine**

هرمون يفرزه الغشاء المبطن للإثني عشر وهو الذي يمنع حركات المعدة ويوقف إفراز حامض الهيدروكلوريك .

• انتيروكينيز: **Enterokinase**

إنزيم يوجد في العصارة المعوية وينشط الإنزيم الخامل التريبسينوجين ويحوله إلى تربسين .

● انتيروكرينين: **Enterocrinin**

هرمون يفرزه الغشاء المبطن للأمعاء الدقيقة وينشط غددها لإفراز إنزيماتها .

● أنجيوتينسينوجين: **Angiotensinogen**

بروتين الدم الذي يعمل عليه هرمون الرينين .

● أندروجينات: **Androgens**

أنظر الخصية .

● **إنزلاق غضروفي:**

يحدث عندما تفلت إحدى الوسائد الغضروفية التي تربط أجسام الفقرات معاً .

● إنزيم: **Enzyme**

بروتين له خصائص العامل المساعد للإسراع في إتمام تفاعل معين عن طريق تخفيض طاقة التنشيط اللازمة للتفاعل .

● أنزيم الفوسفوريليز: **Phorphorylase**

الأنزيم الذي يحول الجلايكوجين إلى فوسفات الجلوكوز .

● أنسجة ضامة حقيقية: **Proper connective tissues**

أنواع من الأنسجة الضامة .

● أنسولين: **Insulin**

هرمون تفرزه غدة البنكرياس ، ويلعب دوراً في أيض الكربوهيدرات .

● أنف: **Nose**

عضو في الجهاز التنفسي ، وهو غضروفي له فتحتان خارجيتان يفصلهما حاجز رأسي غضروفي من الأمام وعظمي من الخلف ، وتشكل قاعدته سقف الحلق الذي يفصله عن تجويف الفم .

● انقباض أذيني: **Auricle systolic**

إنقباض الأذينين معا وفي وقت واحد عندما يمتلآن بالدم ويستغرق ٠,١ ثانية .

● انقباض بطيني: Ventrick systolic

إنقباض البطينين معا وفي وقت واحد عندما يمتلأن بالدم ويستغرق ٠,٤ ثانية .

● انقسام سيتوبلازمي: Cytokinesis

عملية انفصال السيتوبلازم ، وانقسامه في أثناء الانقسامين المتساوي والمنصف .

● انقسام متساوي: Mitosis

يحدث في الخلايا الجسدية ، وتنتج عنه خليتان تحملان نفس عدد الكروموسومات ونفس كمية الحامض النووي (DNA) الموجودتان في الخلية الأصلية ، والهدف من هذا الانقسام هو نمو الكائن الحي أو تعويض أنسجته التالفة .

● انقسام منصف: Meiosis

انقسام يحدث في الخلايا التناسلية ، وتنتج عنه خلايا تحتوي على نصف عدد الكروموسومات في الخلية الأصلية .

● الانقسام المنصف الأول: First meiotic division

المرحلة الأولى من الانقسام المنصف الذي يتم فيها اختزال عدد الكروموسومات إلى النصف حيث تنتج خليتان كل منها تحتوي على نصف عدد كروموسومات الخلية الأصلية .

● الانقسام المنصف الثاني: Second meiotic division

المرحلة الثانية من الانقسام المنصف ويتبع الانقسام الأول مباشرة . وهو يشبه الانقسام المتساوي ، حيث تنقسم كل خلية من الخليتين الناتجتين عن الانقسام المنصف الأول إلى خليتين تحتوي كل منهما على نفس عدد الكروموسومات الموجودة في الخليتين الناتجتين عن الانقسام المنصف الأول .

● أنياب: Canins

مجاورة للقواطع وعددها اثنان في كل فك ،وظيفتها تمزيق الطعام .

● أوعية دموية: Blood vessles

أنابيب تنقل الدم من القلب إلى أجزاء الجسم المختلفة ، ومن أجزاء الجسم المختلفة إلى القلب .

• أوعية ليمفاوية: Lymphatic vessels

الأوعية التي تحمل الليمف من الأنسجة إلى الدم وتنقل المواد الغذائية .

• أيض: Metabolism

عمليات كيميائية تجري داخل خلايا الجسم بعضها هدمي وبعضها بنائي .

• أيودوثايرونين: Iodothyronine

انظر هرمون الثايروكسين .

• ببتونات: Peptones

النواتج النهائية لهضم البروتينات .

• ببتيديز أميني: Aminopeptidase

أو الأربسين ، إنزيم تفرزه العصارة المعوية يحلل الببتيدات إلى أحماض أمينية من الطرف الأميني على سلسلة الببتيد .

• ببتيديز ثلاثي: Tripeptidase

إنزيم تفرزه العصارة المعوية . يحلل الببتيدات المكونة من ثلاثة أحماض أمينية إلى ببتيد ثنائي وحامض أميني .

• ببتيديز ثنائي: Dipeptidase

إنزيم تفرره العصارة المعوية يحلل الببتيد المكون من حامضين أمينيين إلى أحماض أمينية .

• ببتيديز كاربوكسيل: Carboxy peptidase

إنزيم تفرزه العصارة البنكرياسية ، يحلل روابط الببتيدات واحدة تلو الأخرى إلى أحماض أمينية من طرف الكاربوكسيل على سلسلة الببتيد .

• ببسين: Pepsin

إنزيم يتكون نتيجة اختلاط الببسينوجين بحامض الهيدروكلوريك ، الذي يفرزه جدار المعدة . وهو هاضم للبروتينات .

• ببسينوجين: **Pepsinogen**

إنزيم خامل يفرزه جدار المعدة بتأثير هرمون الجاسترين .

• بتيالين: **Ptyaline**

إنزيم يحول النشا إلى ديكسترين قابل للذوبان في الماء وسكر العنب وسكر الشعير . ويطلق عليه ألفا أميليز .

• بربخ: **Epididymic**

قناة تتجمع فيها الأوعية الصادرة في الخصية ، وتقع بالقرب من قاعدة الخصية ويكمل فيها الحيوان المنوي نضجه .

• بروتوبلازم: **Protoplasm**

المادة الأساسية التي تتكون منها الكائنات الحية ، وهي مادة حية تقوم بعمليات الأيض وقادرة على مضاعفة نفسها ، وتتكون من عدة مركبات عضوية وغير عضوية .

• بروتين: **Protein**

مركب عضوي معقد ، ويتكون من وحدات بنائية أساسية تسمى الأحماض الأمينية .

• بروتيوزات: **Proteoses**

نواتج المرحلة الأولى لهضم البروتينات .

• بروثرومبين: **Prothrombin**

مادة بروتينية يفرزها الكبد بمساعدة فيتامين **K** تذوب في البلازما وتوجد في الدم باستمرار .

• بروجسترون: **Progesterone**

هرمون يفرزه الجسم الأصفر ، ويعمل على إيجاد الجو المناسب لاستقبال البويضة الملقحة في جدار الرحم ، وهو ضروري لاستمرار الحمل .

• بشرة: **Epidermis**

الطبقة الخارجية من الجلد ، لا تحتوي أوعية دموية ولا ليمفاوية .

● **بطينان: Ventricles**

الحجرتان السفليتان للقلب ، وجدرانهما سميكة .

● **بظر: Clitoris**

عضو صغير بحجم حبة الحمص ، يوجد عند إلتقاء الشفرين الصغيرين في الجهة الأمامية ، وهو غني بالنهايات العصبية ، ويحتوي على نسيج إسفنجي يمتلئ بالدم فترة التهيج الجنسي .

● **بلازما: Plasma**

الجزء السائل من الدم ويتكون من ٩٠٪ ماء وأملاح عضوية وغير عضوية وبروتينات ودهون وأحماض أمينية وجلوكوز وفيتامينات وهرمونات وغازات مذابة .

● **بلازما النخاع: Myeloblasts**

انظر نخاع .

● **بلعوم: Pharynx**

عضو في الجهاز الهضمي وهو عبارة عن تجويف عضلي ويعتبر ملتقى عدة فتحات هي ،

● **بلورا: Pleura**

غشاء مزدوج يحيط بكل رئة ، والطبقتان غير ملتصقتين ، ولكن المسافة بينهما مجرد مسافة إحتمالية .

● **بنكرياس: Pancreas**

غدة ملحقة بالقناة الهضمية وهي عنقودية الشكل تقع بين أسفل المعدة وأعلى القولون المستعرض . ويفرز العصارة البنكرياسية وهرمون الأنسولين .

● **بنكريوزايمين- كولسيستوكينين: Cholecytokinin- Panereozymin**

هرمون يفرزه الغشاء المبطن للاثني عشر وينشط إفراز العصارة البنكرياسية ويعمل على انقباض الحوصلة الصفراوية ودفع ما بها إلى الإثني عشر .

● **بولينا: Urea**

إحدى الفضلات النيتروجينية التي تنتج من الأمونيا وتطرح إلى الدم وتقوم الكليتان باستخلاصها مع البول من الدم .

• بوليسومات: polysomes

رايبوسومات عديدة مرتبطة معاً .

• بويضة: Ovum

خلية تناسلية أنثوية بالغة تحتوي على العدد النصفي من الكروموسومات .

فتحة الفم الداخلية والفتحتان الأنفيتان الداخليتان ، فتحة الحنجرة ، وفتحتا قناتي استاكيوس وفتحة المريء .

• بيتا أميليز: B- amylase

يسمى أيضا الإميلوبسين ، أنزيم تفرزه العصارة الصفراوية يحلل النشاء إلى سكر الشعير .

• بيلفردين: Biliverdin

صبغة خضراء تحدث من تأكسد البيليروبين ولها أثر في تلوين الصفراء .

• بيليروبين: Billirubin

صبغ أحمر يسمى حمرة الصفراء ، تتكون نتيجة تحلل الهيموجلوبين عند موت كريات الدم الحمراء ، ويحملها الدم إلى الكبد ويتم إفرازها مع مواد أخرى على صورة صفراء .

• تاج (السن): Crown

الجزء الظاهر من السن فوق اللثة .

• تبرز: Egestion

طرد فضلات الغذاء غير القابلة للهضم من خلال فتحة الشرج .

• تجويف أروح: Glenoid cavity

تجويف يوجد عند كل من جانبي الحزام الصدري ، ويستقبل رأس عظم العضد مكونا مفصل الكتف .

• تحت السرير البصري: Hypothalamus

غدة صماء ، تلعب دوراً مهما في تكامل جهازي الغدد الصماء ، والعصبي وهي حلقة الوصل بينهما .

• تحوي: Peristalis

حركة المريء التموجية التي تعمل على دفع الغذاء باتجاه المعدة .

• تداريز: Sutures

مفاصل مسننة ثابتة تصل عظام الجمجمة مع بعضها .

• تريبسين: Trypsin

إنزيم تفرزه العصارة البنكرياسية ويحلل البروتينات إلى عديدات الببتيد .

اصل مسننة ثابتة تصل عظام الجمجمة مع بعضها .

• ترقوة: Clavicle

أحد تراكيب الحزام الصدري وهو عظم صغير ورفيع ، وتتصل بالقص عند طرفها الداخلي وباللوح عند طرفها الخارجي .

• تريبسينوجين: Trypsinogen

إنزيم خامل تفرزه العصارة البنكرياسية .

• تساقط الجلد: Moulting

تساقط القشور التي تتكون من الطبقة القرنية لبشرة الجلد .

• تستوستيرون: Testosterone

هرمون من الأندروجينات تفرزه الخصية وهو المسؤول عن إظهار الصفات الجنسية الثانوية في الذكر .

• تسمم البولي: Urema

حالة تنشأ عن زيادة نسبة الفضلات والسموم في الدم ، مما يؤدي إلى توقف الكلية عن عملها ، وقد تسبب الوفاة .

• تشعبات طرفية: Terminal arborization

تفرعات نهاية المحور الأسطواني .

• **تضخم بسيط: Simple goiter**

تضخم الغدة الدرقية بسبب نقص كمية اليود التي يتناولها الإنسان .

• **تضخم جحوظي: Exophthalmic goiter**

ويسمى أيضا مرض جريفز ، وهو عبارة عن تضخم كامل للغدة الدرقية مصحوبا بازدياد مستوى التمثيل الغذائي ؛ مما يسبب نقص الوزن ، ومن أعراضه جحوظ واضح لمقلة العين .

• **تفاحة آدم: Adam' s apple**

أنظر حنجرة .

• **تقاطع: Chiasma**

تداخل الكروموسومات غير الشقيقة في الطور التزاوجي في أثناء الانقسام المنصف الأول .

• **تكاثر: Reproduction**

عملية حيوية في الكائنات الحية تؤدي إلى زيادة أفراد النوع ، وهذه العملية تحفظ النوع من الانقراض .

• **تكاثر جنسي: Sexual reproduction**

نشوء فرد جديد نتيجة اندماج مشيجين ؛ مذكر ومؤنث ويحدث في الكائنات الحية الراقية .

• **تكون البويضات: Oogenesis**

انقسام الخلايا الجرثومية الأولية داخل المبيض عدة إنقسامات متساوية ، وانقسام منصف ، وينتج عن كل خلية جرثومية أولية ثلاثة أجسام قطبية وخلية البويضة الناضجة التي تحتوي على نصف عدد الكروموسومات الموجودة في الخلية الجرثومية الأولية .

• **تكون الحيوانات المنوية: Spermatogenesis**

انقسام الخلايا الجرثومية الأولية المبطنة لجدار الأنابيب المنوية عدة انقسامات متساوية وانقسام منصف ، وينتج عن كل خلية جرثومية أربعة حيوانات منوية تحتوي على العدد النصفي للكروموسومات .

• تنظيم الطعم الرجعي: **Feed back control**

إن افراز الهرمون منظم ومحكوم بنواتج التفاعل ، وقد يكوم سالبا أو موجبا .

• تنفس: **Respiration**

عملية تتم في كل خلية من خلايا جسم الكائن الحي وتنتج عنها طاقة .

• تنفس بطني: **Abdominal respiration**

التنفس الذي يحدثه الحجاب الحاجز .

• تنفس خارجي: **External respiration**

انتقال الأكسجين من الحويصلات الهوائية إلى الشعيرات الدموية ، وانتقال ثاني أكسيد الكربون من الشعيرات الدموية إلى الحويصلات الهوائية .

• تنفس داخلي: **Internal respiration**

تحدث في مختلف أنحاء الجسم وتتضمن تبادل الغازات بين الدم والخلايا في الشعيرات الدموية . ويسمى أيضا التنفس النسيجي .

• تنفس الصدري: **Thorasic respiration**

التنفس الذي تحدثه الأضلاع ، ولذلك يسمى التنفس الضلوعي .

• تنفس لا هوائي: **Anaerobic respiration**

التنفس الذي يحدث بمعزل عن الأكسجين .

• تنفس نسيجي: **Tissue respiration**

انظر تنفس داخلي .

• تنفس هوائي: **Aerobic respiration**

التنفس الذي يحدث بوجود الأكسجين .

• توتر عضلي: **Muscle cramp**

بقاء العضلة في حالة انقباض مستمر بسبب توالي التنبيهات العصبية عليها بسرعة فائقة تحول دون مرور العضلة بحالة ارتخاء وراحة ويزداد تراكم حامض اللاكتيك .

• **تيه غشائي: Membranous labyrinth**

كيس غشائي يوجد داخل التيه العظمي ، ويكون في منطقة الدهليز جسمين كيسين هما الكييس والقربة (الشكوة) .

• **ثرومبوبلاستين: Thromboplastin**

المادة التي تتكون نتيجة تفتت الصفائح الدموية واتحادها مع خلايا الأنسجة الغريبة من الجرح .

• **ثرومبين: Thrombin**

إنزيم يتكون نتيجة اتحاد مادة البروثرومين مع الثرومبوبلاستين وبروتينات وأيونات كالسيوم .

• **ثقوب: Fontanelles**

مناطق غشائية بين عظام جمجمة الطفل الوليد وعددها خمس ، وهي تعطي رأس الطفل المرونة التي تساعده على المرور من قناة الميلاد .

• **ثنائي المجموعة الكروموسومية: Diploid**

خلية أو كائن حي تحتوي خلاياه على مجموعتين من الكروموسومات بحيث يكون لكل كروموسوم شقيق مجانس له تماما .

• **جاسترين: Gastrin**

هرمون يفرزه الغشاء المبطن للمعدة والأمعاء الدقيقة وقد تفرزه جزر لانجرهانز (البنكرياس) وعمله الرئيس زيادة الإفرازات الحامضية للمعدة وزيادة في إفراز الببسين .

• **جذر (السن) : Root**

الجزء المغروس في النسخ (اللثة) وللأسنان جذر واحد ، أما الطواحن فلكل منها جذران وأحيانا ثلاثة ، وكل جذر مثبت في جيب في عظم الفك .

• **جذع ليمفاوي قطني أيمن وأسر**

يحمل الليمف من الأطراف السفلية والحوض ويصب في الحوصلة الكيلوسية .

• **جذع ليمفاوي معوي: Intestinal lymph trunk**

يحمل الليمف من الأمعاء ويصب في الحوصلة الكيلوسية .

● **جراب الشعرة: Hair follicle**

الجزء من الشعرة الذي الذي يتكون من البشرة وينغرز في الأدمة ويشمل ساق الشعر الواقع في الجلد وغمد الشعرة .

● **جزر البنكرياس: Pancreatic islets**

تجمعات من خلايا تعمل كغدة صماء تدعى جزر لانجرهانز ، وتفرز خلايا هذه الجزر هرمونات عديد الببتيد وهي الأنسولين والجلوكاجون والجاسترين .

● **جزر لانجرهانز: Islets of Langerhans**

أنظر جزر البنكرياس .

● **جسر فارول (القنطرة): Pons varolli**

يتكون من إحاطة الزوج المتوسط من السويقات المخيخية بالسويقتين المخيتين ، ويعتبر طريقا لنقل السيلات العصبية من قشرة المخ إلى نصف كرة المخيخ في الجهة المقابلة .

● **جسم أصفر: Corpus luteum**

أحد تراكيب المبيض المتكونة بعد الإباضة ، ويفرز الجسم الأصفر هرمونات الإستروجين والبروجستيرون وهو مهم في أثناء الحمل .

● **جسم جاسئ: Corpus collusum**

ألياف تربط نصفي الكرة المخيان .

● **جسم صنوبري: Pineal body**

يتكون من سقف البطين الثالث للدماغ .

● **جسم قطبي أول: First polar body**

الخلية الصغيرة الناتجة عن الانقسام المنصف للخلية البيضية الابتدائية وتحتوي على نصف عدد الكروموسومات الموجودة في الخلية البيضية الابتدائية .

● **جسم قطبي ثاني: Second polar body**

الخلية الصغيرة الناتجة عن الانقسام المنصف الثاني للبويضة الأولية . وتحتوي على نصف عدد الكروموسومات .

• **جسمان قطبيان ثانيان: Second polar bodies**

خليتان تتكونان نتيجة انقسام الجسم القطبي الأول ، وتحتوي كل منهما على نصف عدد الكروموسومات .

• **جسم مضاد : Antibody**

بروتين (مرتبط بكربوهيدرات) له خاصية التفاعل مع مولد ضد محدد ، ويتكون الجسم المضاد من نوعين من السلاسل الببتيدية ، بحيث توجد نسختان من كل نوع ، وهو بذلك مكون من أربع سلاسل ببتيدية ، ويفرزه الجهاز المناعي بشكل عال وبصورة مخصصة في الجسم ضد مولد الضد .

• **جسم مركزي: Centrosome**

مادة توجد في سيتوبلازم جميع الخلايا حقيقية النوى ، وهي مهمة في أثناء انقسام الخلية .

• **جسم هدبي: Ciliary body**

روابط معلقة تثبت العدسة البلورية ، وهي المسؤولة عن تغيير شكل العدسة حسب موقع الجسم المرئي .

• **جسيمات باشيني: Paccinian corpuscles**

أعضاء إستقبال الضغط ، وهي كبيرة الحجم ،

• **جسيمات مايزنر: Meissner's corpuscles**

اعضاء إحساس باللمس توجد قرب سطح الجلد تحت الطبقة الحية في بشرة الجلد .

• **جلد: Skin**

الغطاء الخارجي الذي يغلف الجسم ويتصل بالعضلات التي تقع تحته بوساطة نسيج ضام ويتصل مباشرة مع البيئة ، لذا فإنه يتلقى المثيرات الخارجية .

• **جلبيولين: Globulin**

بروتين موجود في بلازما الدم ، قابل للذوبان ولازم لاستمرارية الحياة ويتم صنعه إلى حد

كبير في الكبد ، ويتحكم في كمية الماء الذي يستخلصه الدم من الأنسجة ، أثناء عبوره في الشعيرات .

- **جلطة دموية: Blood clot**

تخثر الدم عند حدوث جرح في الجسم ليحمي نفسه من النزيف ويتم ذلك على عدة خطوات .

- **جلوبين: globin**

بروتين بسيط يدخل في تركيب الهيموجلوبين .

- **جمجمة: Skull**

مجموعة عظام عددها ٢٢ عظمة متصلة مع بعضها بمفاصل مسننة ثابتة تعرف بالتداريز وتعمل على حفظ الدماغ .

- **جنين: Embryo**

كتلة صغيرة من الخلايا تكونت نتيجة انقسام البويضة الملقحة عدة انقسامات متساوية تحدث في قناة فالوب .

- **جهاز: System**

مجموعة من الأعضاء تتآزر من أجل القيام بعمل معين .

- **جهاز بولي: Urinary system**

الجهاز الذي يتخلص من البول ويطرحه خارج الجسم ويتكون من الكليتين ، الحالبين ، والمثانة البولية ، وقناة مجرى البول .

- **جهازي التآزر: Coordination systems**

هما الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصماء يعملان على تآزر وتنسيق النشاطات الحيوية في الجسم .

- **جهاز تنفسي: Respiratory system**

مجموعة الأعضاء التي تشترك في عملية التنفس .

• **جهاز جولجي: Golgi apparatus**

تعرف أحيانا بالديكتيوسومات (dictyosomes) وهي مراكز إفراز الإنزيمات والبروتينات الأخرى ، ولذلك تتركز في الخلايا الإفرازية .

• **جهاز دموي: Blood system**

أحد أجهزة الجهاز الدوري ويتركب من القلب والأوعية الدموية والدم .

• **جهاز دوري: Circulatory system**

الجهاز الذي يقوم بعمليات النقل المختلفة بالجسم مستعينا بالدم والليمف .

• **جهاز عصبي جسمي: Somatic nervous system (S.N.S)**

ينظم أعمال الأعضاء التي تخضع للإراداة وينقل المعلومات الحسية .

• **جهاز عصبي ذاتي: Automatic nervous system (A.N.S)**

ينظم أعمال الأعضاء اللاإرادية .

• **جهاز عصبي طرفي: Peripheral nervous system (P.N.S)**

يتكون من شبكة أعصاب دماغية وأعصاب شوكية تصل الجهاز العصبي المركزي بمختلف أعضاء الجسم .

• **جهاز عصبي مركزي: Central nervous system (C.N.S)**

يتكون من الدماغ والنخاع الشوكي .

• **جهاز الغدد الصماء: Endocrine systeme**

مجموعة الغدد الصماء التي تفرز الهرمونات ، وتعمل على تنسيق الوظائف الحيوية التي يقوم بها جسم الإنسان .

• **جهاز دهليزي: Vestibular system**

يعمل على توازن الجسم ويتكون من القنوات نصف الدائرية والشكوة (القربة) والكييس .

• **جهاز نظير ودي: Parasympathetic system**

تخرج أعصاب هذا الجهاز من النخاع المستطيل والمنطقة العجزية وتفرز نهاياتها مادة الأستيل كولين ، وتسمى هذه بالأعصاب الكولينية .

• جهاز هافرس: Haversian system

قناة هافرس وما يحيط بها من صفائح ومحافظ وخلايا .

• جهاز هضمي: Digestive system

الجهاز الذي يتم فيه هضم المواد الغذائية : ويتكون من القناة الهضمية وملحقاتها .

• جهاز هيكلي: Skeletal system

الجهاز الذي يعطي الجسم شكله الخاص ويحفظ تناسقه واتزانه ويساعد على الحركة مع العضلات المتصلة به .

• جهاز ودي: Sympathetic system

يسمى أيضا جهاز صدري قطني ، ويتكون من الأعصاب التي تخرج من المنطقة الصدرية والقطنية إلى الأوعية الدموية والأحشاء ، وتفرز هذه الأعصاب من نهاياتها مادة الأدرينالين ، وتسمى هذه الأعصاب بالأعصاب الودية (الأدرينالينية) .

• حالب: Ureter

قناة تنقل البول من الكلية إلى المثانة البولية .

• حامض نووي رايبوزي رايبوسومي: RAN (Ribosomal-RAN) (R-RAN)

RNA الذي يدخل في تركيب الرايبوسومات .

• حامض نووي رايبوزي محول: RAN (Transfer RAN) (T-RAN)

RNA الذي ينقل حامضاً أمينياً معيناً لمكان معين لصنع البروتين أو الأنزيم .

• حامض نووي رايبوزي منقوص الأوكسجين: Deoxy ribonucleic acid (DNA)

يتكون من عدد كبير من النيوكليوتيدات ، لذا فإن وزنه الجزيئي يكون كبيراً جداً قد يصل إلى الملايين ، وهو المادة التي تكون الجينات التي تحمل الصفات الوراثية .

• حبل سري: Umbilical cord

زائدة تنمو من الجنين وتمتد إلى المشيمة ويمر خلالها وريد وشريان .

• **حبيبة مركزية: Centriole**

تركيب أو اثنان في مركز الخلايا الحيوانية ، وتتكون من (٢٧) أنيبيبة مرتبة في (٩) مجموعات ، تضم كل مجموعة (٣) أنيبيبات ولها دور مهم في انقسام الخلية .

• **حجاب حاجز: phragm**

حاجز عضلي يقسم تجويف الجسم إلى تجويف صدري وتجويف بطني .

• **حجاب حاجز: Diaphragm**

عضلة تفصل ما بين التجويفين الصدري والبطني وتسهم في عملية التنفس .

• **حدقة: (بؤبؤ) Pupil**

فتحة في وسط القزحية تسمح بمرور الضوء إلى العين .

• **حرقف: Illum**

أحد ثلاث عظام من العظم عديم الإسم وهو ظهري .

• **حزام حوضي: Pelvic girdle**

يتكون من نصفين يسمى كل منهما بالعظم عديم الاسم ، ويعمل على ربط عظام الطرفين الخلفيين بالجسم .

• **حزام صدري: Thorasic girdle**

يتركب من عظم اللوح والترقوة ، ويعمل على ربط الطرفين الأماميين بالجسم .

• **حزمة عصبية: Nerve bundle**

مجموعة من المحاور العصبية (الألياف العصبية) محاطة بنسيج ضام يسمى غلاف الحزمة العصبية .

• **حفيرة: Fovea**

أنظر بقعة صفراء .

• **حق : socket**

تجويف يوجد على كل من جانبي الحوض ، ويشترك في تكوينه كل من العاني والورك والحرقف (عظم عديم الاسم) .

● حلقة الأورنثين: **Ornithine cycle**

دورة يجري فيها تحويل الأمونيا إلى بولينا في الكبد ، وتبدأ الدورة وتنتهي بوجود الحامض الأميني أورنثين .

● حلمات ذوق: **Taste papillae**

نتوءات مفتوحة في نهاية الأعصاب المنتشرة في اللسان .

● حلمات ذوق خيطية: **Taste filiform papillae**

حلمات صغيرة جدا وبعضها ضيق ومرتفع موزعة على سطح اللسان وبخاصة في مقدمته .

● حلمات ذوق فطرية: **Taste fungiform papillae**

حلمات متسعة قليلا ومرتفعة فوق سطح اللسان قليلا موزعة على سطح اللسان ، وبخاصة على جانبيه .

● حلمات ذوق كأسية: **Taste circumvallate papillae**

نحو ٩-١٤ حلمة ، وهي أكبر حلمات الذوق ، مرتبة على شكل ٧ على سطح اللسان ، يتجه طرفه ناحية الحلق ، ويحيط حافة كل حلمة منها نسيج على صورة جدار لذلك تسمى أحيانا الحلمات ذات السياج (**Vallate**).

● حنجرة: **Larynx**

عضو في الجهاز التنفسي ، وهي عبارة عن قناة يمر بها الهواء من البلعوم وتؤدي إلى القصبة الهوائية ، وتحتوي على أحبال صوتية ، ويطلق عليها تفاحة آدم .

● حوصلة صفراوية: **Gall bladder**

حوصلة تخزن الصفراء وتسمى المرارة .

● حوصلة كيلوسية: **Cisterna chyli**

حجرة غير منتظمة الشكل طولها نحو ٦,٥سم وعرضها نحو ٢,٥سم ، تقع على الجدار الخلفي للتجويف البطيني ويتجمع فيها الليمف والكيلوس .

• **حوض: Pelvis**

العجز مع العظمين عديمي الاسم والعصعص جميعها تكون الحوض .

• **حوض الكلية: Renal pelvis**

تجويف داخل الكلية تصب فيه الأنابيب البولية قطرات البول ويخرج منها الحالبان .

• **حول: Squint**

تكون أكثـ من صورة للجسم ، وذلك لعدم توزان العضلات التي تحرك العينين معا ، مما يؤدي إلى عدم تكون الصورة في كل عين في نفس المكان في الشبكيتين .

• **حويصلة جراف: Grafian follicle**

مجاميع من الخلايا تتكون نتيجة انقسام الخلايا الجرثومية الأولية داخل المبيض انقسامات متساوية . وتسمى أيضا بالحويصلة المبيضية .

• **حويصلة مبيضية (انظر حويصلة جراف)**

• **حيز البلورا: Pleura Space**

المسافة بين طبقتي غشاء البلورا ، وهو محكم الإغلاق لا يتصل بأي من تجاويف الجسم الأخرى .

• **حيوان منوي: Sperm**

خلية تناسلية ذكرية تحتوي على العدد النصفي من الكروموسومات .

• **حيوان منوي: Sperm**

مشيج ذكري

• **خدان: Cheeks**

جدران الفم وتكون مرنة بدرجة كافية تمكن الفم من الفتح والقفل .

• **خصية: Testis**

غدة تناسلية ذكرية صماء تفرز هرمونات ذكرية تدعى أندروجينات .

- **خلايا البويضة الابتدائية: Primary oocytes**

خلايا تتكون نتيجة انقسام أمهات البويضات انقسامات متساوية عديدة ومتعاقبة ، مكونة أمهات بويضات جديدة ، وهذه تختزن كمية كبيرة من المواد الغذائية فتنمو وتكبر وتتوقف عن الانقسام ، وتسمى خلايا البويضة الابتدائية وتحتوي على عدد الكروموسومات الكامل .

- **خلايا جرثومية أولية: Primordial germ cells**

خلايا بدائية تعطي أمشاجاً .

- **خلايا العصي: Rod cells (Rods)**

خلايا إستقبال ضوئية توجد في شبكية العين ، وهي مسؤولة عن رؤية الأجسام المعتمة .

- **خلايا المخاريط: Cone cells (Cones)**

خلايا إستقبال ضوئية توجد في شبكية العين ، وتستقبل المنبهات الضوئية ذات الشدة العالية .

- **خلايا منوية ابتدائية: Primary spermatocytes**

خلايا تتكون نتيجة انقسام أمهات الحيوانات المنوية انقسامات متساوية .

- **خلية: Cell**

وحدة البناء والوظيفة في الكائن الحي ، وتحتوي على عدة عضيات متخصصة لأداء وظائف معينة تمثل في مجملها وظيفة الخلية .

- **خلية البويضة: Ovum**

الخلية الكبيرة الناتجة عن الانقسام المنصف الثاني للبويضة الأولية . وتحتوي على نصف عدد الكروموسومات .

- **خلية بيضية ثانوية: Secondary oocyte**

الخلية الكبيرة الناتجة عن الانقسام المنصف للخلية البيضية الابتدائية ، وتحتوي على نصف عدد الكروموسومات الموجودة في الخلية البيضية الابتدائية .

• خلية حامضية: Acidophils corpuscle

نوع من أنواع كرات الدم البيضاء المحببة ، تتلون حبيباتها بالأصباغ الحمضية .

• خلية دم بيضاء: White blood corpuscle (lymphocyte)

أنواع عديدة من خلايا الدم غير المحتوية على الهيموجلوبين .

• خلية دم بيضاء غير محببة: Norgranular white blood corpuscle

خلية دم بيضاء لا يوجد في سيتوبلازمها حبيبات وتتولد من النسيج الليمفاوي .

• خلية دم بيضاء محببة: Granular white blood corpuscle

خلية دم بيضاء يحتوي السيتوبلازم فيها على حبيبات لها القدرة على امتصاص أصباغ كيميائية ، وأثبتت البحوث أن هذه الحبيبات عبارة عن تجمعات من الأنزيمات الهاضمة أو الليسوسومات .

• خلية دم حمراء: Red blood corpuscle

خلية قرصية الشكل مقعرة الوجهين ، يحيط بها جدار رقيق صلب بداخله سيتوبلازم ولا تحتوي على نواة ، ويعزى اللون الأحمر لوجود صبغة الهيموجلوبين الحمراء .

• خلية قاعدية: Basophils corpuscle

نوع من أنواع كرات الدم البيضاء المحببة تتلون حبيباتها بالأصباغ القاعدية .

• خلية ليمفاوية: Lymphocyte

نوع من أنواع خلايا الدم البيضاء غير المحببة تتجول بين الخلايا وتلعب دورا مهماً في إنتاج الأجسام المضادة .

• خلية متعادلة: Netrophil corpuscle

نوع من أنواع خلايا الدم البيضاء المحببة تتكون حبيباتها بالأصباغ المتعادلة ، والنواة فيها مقسمة إلى ٣-٥ فصوص وتعرف أيضا بمشكلة النوى .

• خلية مشكلة النوى: Polymorphonuclear corpuscle

انظر خلية متعادلة .

• **خلية منوية: Spermatocyte**

خلية تنتج من انقسام خلية منوية ثانوية انقساماً متساوياً ، وتحتوي على العدد النصفي للكروموسومات .

• **خلية منوية ثانوية: Secondary Spermatocyte**

ناتج الانقسام المنصف الأول للخلية المنوية الابتدائية وتحتوي على العدد النصفي من الكروموسومات الموجودة في الخلية المنوية الابتدائية .

• **خلية وحيدة النواة: Monocyte**

نوع من أنواع خلايا الدم البيضاء غير المحببة ولها قدرة على ابتلاع أجسام أخرى .

• **خيط عضلي: myofilament**

أحد الخيوط الرفيعة أو الغليظة المكونة للعضلة المخططة وهي تتكون من بروتين .

• **خملات: Villi**

انثناءات على السطح الداخلي للأمعاء الدقيقة وعليها زغابات ، وتعمل على امتصاص الغذاء المهضوم .

• **خيوط المغزل: Spindle fibers**

يتحول السائل النووي إلى خيوط جيلاتينية تصل ما بين النجمين بشكل مغزلي في المرحلة التمهيدية للانقسام المتساوٍ مكونة خيوط المغزل .

• **دبق عصبي: Neuroglia**

خلايا بنائية توجد بين الخلايا العصبية ، تنقل الغذاء والأكسجين من الدم إلى الخلايا العصبية وتنقل الفضلات من الخلايا العصبية إلى الدم .

• **دعامة الحزم العصبية: Endoneurium**

نسيج ضام يربط الألياف معاً .

• **دم: Blood**

سائل أحمر لزج يتكون من البلازما والكريات الدموية والصفائح الدموية .

● دماغ: Brain

أكبر جزء في الجهاز العصبي المركزي ، ويملأ تجويف الجمجمة .

● دماغ أمامي: Fore - brain

يتكون من المخ والأجسام المخططة والسريران البصريان وتحت السرير البصري والجسم الصنوبري والكؤوس البصرية .

● دماغ خلفي: Hind brain

يتكون من المخيخ ، وجسر فارول (القنطرة) والنخاع المستطيل .

● دماغ متوسط: Mid brain

يتكون من السويقتين المختين والأجسام التوأمية الرباعية .

● دهن : Fat

مركب عضوي يتركب من أحماض دهنية وجلسرين .

● دهليز: Vestibule

أحد مكونات التيه العظمي . والجزء الأمامي الداخلي والعلوي في كل منخر .

● الدور الضام : Pachytene

دور من المرحلة التمهيدية الأولى للأنقسام المنصف الأول الذي يلي الدور التزاوجي وفيه تصبح الكروموسومات قصيرة وسميكة .

● دورة الخلية: Cell cycle

مجموعة الأحداث التي تؤدي إلى نمو الخلايا وتكاثرها ، وتشمل الطور البيني وأطوار الإنقسام المتساوي .

● دورة كريبس: Krebs cycle

سلسلة من التفاعلات يتحلل خلالها حامض اللاكتيك في العضلة في أثناء عملية التخمر إلى ثاني أكسيد الكربون والماء ، وينتج عنها طاقة تستعمل في بناء فوسفات الكرياتين .

● **دورة دموية: Blood circulation**

عملية خروج الدم من إحدى حجرات القلب وعودته مره ثانية إلى إحدى حجراته مروراً بعضو أو عدة أعضاء كالدورة الرئوية والدورة البدنية ، والدورة التاجية ، والدورة البابية .

● **دورة دموية بدنية: Systemic blood circulation**

وتسمى دورة دموية كبرى وهي تسير كالآتي :

البطين الأيسر - القوس الأبهري - الشرايين المختلفة - الشعيرات الدموية في الأنسجة المتباينة - الأجزاء الوريدية من الشعيرات الدموية - الروافد الدموية في الأنسجة - الأوردة المختلفة في أعضاء الجسم - الوريدين الأجوفين العلوي والسفلي - الأذين الأيمن .

● **دورة دموية رئوية: pulmonary blood circulation**

وتسمى دورة دموية صغرى وهي تسير كالآتي :

البطين الأيمن - الشريان الرئوي - الشعيرات الدموية في حويصلات الرئة - الروافد الوريدية في الرئة - أوردة جدران الرئة - الأوردة الرئوية - الأذين الأيسر .

● **دورة دموية صغرى: Small blood circulation**

انظر دورة دموية رئوية

● **دورة دموية كبرى: Big blood circulation**

انظر دورة دموية بدنية .

● **ديكتيوسومات** (انظر جهاز جولجي)

● **ديلسة: Dialysis**

عملية تنقية الدم من الفضلات عن طريق استخدام غشاء مسامي من السيلوفان مثلاً يسمح بانتقال الجزيئات من المحلول ذي التركيز الأعلى إلى المحلول ذي التركيز الأقل بسرعة أكبر من انتقالها في الإتجاه المعاكس عبر مسامات الغشاء- ما بين دم المريض الذي توقفت كليته عن العمل ومحلول خاص يتكون من بيكربونات وكلوريدات الصوديوم والبوتاسيوم بنفس نسبة وجودهما في دم الشخص العادي .

• **ديوكرينين: Duocrinin**

هرمون يفرزه الغشاء المبطن للأمعاء الدقيقة وينشط غددها لإفراز إنزيماتها .

• **ذات القطبين: Bipolar**

خلية عصبية لها محوران أسطوانيان .

• **ذبحة صدرية: Angina Pectoris**

جلطة دموية تكون نتيجة تصلب جدار الشريان الإكليلي (التاجي) وانسداده .

• **رئة: Lung**

عضو في الجهاز التنفسي وتعمل على تبادل الغازات .

• **رايبوسومات Ribosomes**

حبيبات دقيقة تنتشر حرة في السيتوبلازم كما توجد على السطوح الخارجية للشبكة الإندوبلازمية ، وتقوم بصنع البروتينات .

• **رحم: Uterus**

يستقبل الجنين حتى اكتمال نموه وولادته ، وشكله كمثري يقع في وسط الجزء السفلي من التجويف البطني خلف المثانة .

• **رسغ اليد: Carples**

أحد مكونات الطرف الأمامي ، ويتكون من ثماني عظام صغيرة تقع في صفين .

• **رهل: Amnion**

غشاء يحيط بالجنين ويمتلأ بسائل يسبح فيه الجنين .

• **رودوبسين: Rhodopsn**

صبغة ضوئية أرجوانية اللون موجودة في خلايا العصي في شبكية العين .

• **ريلاكسين: Relaxin**

هرمون يفرزه الجسم الأصفر ، وهو عديد الببتيد يعمل على تليين روابط الحوض ليهيئ الفراغ الكافي لنمو الجنين ، ويعمل على نمو الغدد الثديية ويمنع انقباضات عضلات الرحم .

• رينين: **Renine**

هرمون تفرزه الخلايا المجاورة للكبد ، وهو عبارة عن بروتين ، ويعمل على بروتين الدم لعمل الببتيد الذي يزيد ضغط الدم وينشط هرمون الألدوستيرون .

• زائدة دودية: **Appendix**

أنبوبة قصيرة مغلقة تتصل بالمعي الأعور ، وتزال بالجراحة عند التهابها .

• زر طرفي: **Terminal bouton**

انتفاخ يوجد في نهاية تشعب نهائي ، ويحتوي على عدد كبير من المايتوكوندريا والأكياس المشبكية .

• زفير: **Expiration**

خروج الهواء من الرئتين إلى الخارج .

• زند: **Ulna**

أحد عظام الساعد وهي داخلية .

• سائل البلورا: **Pleura fluid**

سائل لزج قليلا يملأ حيز البلورا ، ويسهل حركة البلورا ويرطبه ؛ ليقلل من الاحتكاك بين جدران الرئة وجدران الصدر .

• سائل مووي: **Nuclear sap or karyolymph**

سائل هلامي عديم اللون يملأ النواة وتسبح فيه مكونات النواة الأخرى وهي النوية والشبكة النووية .

• ساعد: **Forearm**

أحد تراكيب الطرف الأمامي ، ويتكون من عظمتين هما الزند والكعبرة .

• ساق: **Leg**

أحد تراكيب الطرف الخلفي ويتكون من عظمتين هما القصبة والشظية .

• ستيرويدات: Sterids

هرمونات جنسية .

• سحايا: Meanings

طبقات ثلاث تحيط بالدماغ والنخاع الشوكي وهي : الأم الجافية ، والغشاء العنكبوتي ، والأم الحنون .

• سرة: Navel

الجزء الباقي بعد قطع السرة .

• سرير الإظفر: Nail bed

صفيحة حساسة يرتكز عليها الإظفر وتمده بالغذاء .

• سريران بصريان: Thalami

يكونان الجدران الجانبية للبطين الثالث للدماغ ، يرتبطان معا بروابط داخلية ، وهذه الروابط مراكز نقل مهمة لمناطق الأعصاب الحسية .

• سعة حيوية: Vital capacity

كمية الهواء التي تخرج في حالة الزفير والشهيق العميقان وتقدر بنحو ٤,٨ لتراً .

• سقف الحلق: Palate

الجزء العلوي من الفم ، ويفصل تجويف الفم عن تجويف الأنف .

• سكرتين: Secretin

هرمون يفرزه غشاء الاثني عشر ، وهو ينشط إفراز العصارة البنكرياسية ، ويحث الكبد على صنع وإفراز الصفراء .

• سكريز: Sucrase

إنزيم تفرزه العصارة المعوية ، يحلل سكر السكروز إلى سكر جلوكوز وسكر الفاكهة (الفركتوز الأحادي) .

• سكري كاذب: Diabetes insipidus

مرض يتميز بزيادة كمية البول والعطش الشديد وذلك بسبب نقص افراز هرمون الفازوبريسين .

• سلاميات: Phalanges

أحد مكونات الطرف الأمامي والخلفي ، وتوجد في أصابع اليد والرجل ، وعددها ثلاث في كل إصبع ما عدا الإبهام في اليد والإصبع الكبير في الرجل فيتكون كل منهما من سلاميتين فقط .

• سلم دهليزي: Scala vestibuli

الجزء العلوي من القناة القوقعية في الأذن الداخلية .

• سمحاق: Periosteum

غشاء يغطي سطح العظمة .

• سندان: Anvil or incus

إحدى عظيمات الأذن الوسطى الثلاث .

• سويقتان مخيتان: Cerebral peduncles

خيوط من الألياف العصبية تربط الدماغ الأمامي بالدماغ الخلفي .

• سيتوبلازم: Cytoplasm

سائل لزج غير متجانس التركيب يقع داخل غشاء الخلية وخارج النواة ، ويقوم بجميع الوظائف الحيوية ما عدا التكاثر .

• شبكة إندوبلازمية: Endoplasmic reticulum

أغشية مزدوجة تتصل بكل من الغشاء الخلوي والغلاف النووي وتعتبر هيكلاً دعامياً للسيتوبلازم حيث تثبت محتوياته وتزيد السطح الداخلي له . وتقوم هذه الشبكة بتوصيل المواد ما بين أجزاء السيتوبلازم وبين النواة والسيتوبلازم .

• شبكة نووية : Nuclear net

تسمى أحياناً الشبكة الكروماتينية (Chromatin net) وتظهر على شكل حبيبات دقيقة

غير منتظمة الشكل تسبح في السائل النووي ، وينتج عنها في أثناء انقسام الخلية الكروموسومات .

● **شبكية: Retina**

تغلف الجزء الخلفي للعين ، وهي طبقة من نسيج عصبي توجد بها خلايا الإستقبال الضوئية .

● **شجيرات عصبية: Dendrites**

بروزات سيتوبلازمية تخرج من جسم الخلية العصبية ، وتستقبل المنبهات الحسية .

● **شحاذ العين: Stye**

بثرة و حبة على الجفن .

● **شذوذ نمو العظام: Acromegla**

نمو العظام في العرض أكثر من نموها في الطول وذلك بسبب زيادة إفراز هرمون النمو بعد مرحلة البلوغ .

● **شرج: Anus**

فتحة في نهاية الجهاز الهضمي وتفتح إلى خارج الجسم حيث يتم التخلص من الفضلات وتحيط بها عضلة دائرية عاصرة .

● **شريان: Artery**

وعاء دموي يخرج من القلب ويتجه بعيدا عنه ، ويتميز بسمك جدرانه ومرونتها وعدم وجود صمامات بها .

● **شريان إكليلي: Coronary artery**

شريان يصدر عن قوس الأبهر قبل مغادرته القلب ، ويتفرع إلى فروع تغذي عضلة القلب ، ويسمى أيضا شرياناً تاجياً .

● **شريان بطيني: Coeliac artery**

شريان يصدر عن الأورطي ويزود المعدة والطحال والكبد بالدم المؤكسج .

• **شريان تحت الترقوي الأيسر: Left subclavian artery**

شريان يصدر عن القوس الأبهري مباشرة ويزود الطرف الأمامي الأيسر بالدم المؤكسج .

•**شريان تحت الترقوي الأيمن: Right subclavian artery**

انظر شريان عديم الاسم .

• **شريان حرقفي: Illiac artery**

ينقسم الأورطي عند نهاية الظهر إلى شريانين كبيرين يتجه كل منهما إلى أحد الفخذين ليغذي الطرف الخلفي ويعرف كل منهما بالشريان الحرقفي .

• **شريان رئوي: Pulmonary artery**

الشريان الذي يحمل الدم غير المؤكسج من البطين الأيمن ويتفرع إلى فرعين يتجه كل منهما إلى إحدى الرئتين .

• **شريان سباتي عام أيسر: Left common carotid**

شريان يصدر عن القوس الأبهري مباشرة ويجري على الجانب الأيسر للعنق ؛ ليزود الأجزاء اليسرى من الرأس والدماغ بالدم المؤكسج .

• **شريان سباتي عام أيمن: Right common carotid**

انظر شريان عديم الاسم .

• **شريان عديم الاسم: Innominate artery**

شريان يصدر عن القوس الأبهري ويتفرع إلى فرعين هما ، تحت الترقوي الأيمن ويزود الطرف الأمامي الأيمن بالدم المؤكسج ، والسباتي العام الأيمن يجري على الجانب الأيمن للعنق ، ويزود الأجزاء اليمنى من الرأس والدماغ بالدم المؤكسج .

• **شريان كلوي: Renal artery**

متفرع عن الأورطي وينقل الدم إلى الكلية .

• **شريان كلوي أيسر: Left renal artery**

شريان يصدر عن الأورطي ويزود الكلية اليسرى بالدم المؤكسج .

• **شريان كلوي أيمن: Right renal artery**

شريان يصدر عن الأورطي ويزود الجزء الخلفي من الأمعاء بالدم المؤكسج .

• **شريان مساريقي علوي: Superior mesenteric artery**

شريان يصدر عن الأورطي ويزود الجزء العلوي من الأمعاء بالدم المؤكسج .

• **شظية: *Fibula***

عظمة من عظمتي الساق وهي صغيرة ودقيقة وتقع للخارج .

• ***شعبتان هوائيتان: Bronchi***

أنبوبتان تتفرعان من القصبة الهوائية ، وتدخل كل شعبة هوائية إلى الرئة المقابلة .

• **شعيبات هوائية: Bronchioles**

الشعيبات الصغيرة التي تتشعب من الشعبة الهوائية وتتخلل جميع أجزاء الرئة .

• **شعيرات دموية: Capillaries**

التفرعات الدقيقة للأوعية الدموية وتربط بين أدق الأوردة وأدق الشرايين ، جدرانها رقيقة .

• **شفران صغيران: Labia minora**

طيتان من الجلد داخل الشفران الكبيران وتخلوان من الشعر وتحيطان بفتحة المهبل في الداخل .

• **شفران كبيران: Labia majora**

طيتان من الجلد مغطيتان بشعر ، تمتدان إلى الخلف والأسفل لتحيطان بفتحة المهبل ، وتتصلان معاً خلف فتحة المهبل .

• **شق رولاند: Ronald's split**

شق عميق في الدماغ يمتد من القمة ويتجه إلى الأمام والأسفل في اتجاه الفص الصدغي .

• **شهيق: Inspiration**

دخول الهواء من الخارج إلى الرئتين .

• صائم: **Jejunum**

الجزء الثاني والأكبر من الأمعاء الدقيقة ويلي الاثني عشر .

• صمام مترال: **Mitral valve**

صمام بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر مكون من شرفتين .

• صفراء: **Bile**

سائل قلوي مر المذاق يفرزه الكبد ويحتوي على مخاط وبيكربونات الصوديوم وكربونات الصوديوم ومادة الكوليسترول ومادة الليثين ودهن ومواد أخرى ، ووظيفته تحويل الدهن إلى مستحلب دهني كما تحتوي على صبغتي البيليروبين والبلفردين .

• صفيحة دموية: **Blood platelets**

جسم دقيق جدا شكله مستدير أو بيضاوي ، لا لون له ، وخالٍ من النواة ، وتتفتت بسرعة عند تعرضه للهواء ، وله دور في تجلط الدم .

• صلبة: **Sclera**

نسيج ضام ليفي يكون الجزء الأبيض من العين .

• صمام لفائفي: **Ileum valve**

صمام موجود على الفتحة بين اللفائفي والأعور . وهذا الصمام يسمح بمرور بقايا المواد الغذائية إلى الأعور ويمنع عودتها ثانية إلى اللفائفي .

• صمام هلالي: **semilunar valve**

صمام موجود على الفتحة التي تصل البطين الأيسر بالأورطي .

• صيوان: **Pinna**

زائدة غضروفية تشبه القوقعة في الأذن الخارجية ، توجه ذبذبات الموجات الصوتية إلى داخل الأذن .

• ضروس العقل: **wisdom teeth**

انظر الطواحن الثالثة .

• ضغط انبساطي: Diastolic pressure

ضغط الدم في حالة استرخاء عضلة القلب .

• ضغط انقباضي: Systolic pressure

ضغط الدم في حالة انقباض عضلة القلب .

• طبلة الأذن: Ear drum

غشاء رقيق يقع في نهاية القناة السمعية الخارجية .

• طبقة حية أو طبقة إنبات: Living or germinative layer

الطبقة الداخلية (الرابعة) من بشرة الجلد ، تتألف من عدة صفوف من خلايا حية تغذيها أوعية دموية .

• طبقة صبغية: Pigment layer

الطبقة الثالثة من بشرة الجلد ، السيتوبلازم فيها محبب وخلاياها حية تحتوي على أنوية . ويطلق عليها أحيانا الطبقة المحببة .

• طبقة قرنية: Cornfield layer

الطبقة السطحية من بشرة الجلد ، خلاياها ميتة صلبة ، تحمي الجسم من الأضرار والجراثيم .

• طبقة محببة: Stratum granulosum

أنظر طبقة صبغية .

• طبقة ملبيجي: Malpighian layer

خلايا الصفوف السفلى من الطبقة الحية (الطبقة الداخلية من بشرة الجلد) . تحتوي على حبيبات ملونة من مادة الميلانين التي تُعطي الجلد لونه الخاص .

• طبقة واضحة: Clear layer

الطبقة التي تلي طبقة القرنية في بشرة الجلد ، لا يوجد فيها نوية ، و السيتوبلازم فيها متحول إلى مادة قرنية .

• طفرة: **Mutation**

تغير نادر في د ن أ الجينات ، ينتج منه تنوع وراثي .

• طمث: **Mensturation**

انسلاخ بطانة الرحم عندما لا تخصب البويضة وخروجها خارج الجسم .

• طواحن ثالثة: **Third molars**

الطواحن الأربع التي تظهر عادة بعد سن الثامنة عشرة وتسمى ضروس العقل .

• طواحن ثانية: **Second molars**

الطواحن الأربع التي تظهر مباشرة خلف الطواحن الأولى .

• طور انفراجي: **Diplotene stage**

طور من أطوار المرحلة التمهيدية الأولى ، من الانقسام المنصف الأول ، تبدأ فيه أزواج الكروموسومات الشقيقة في كل مجموعة رباعية بالانفصال وتظهر التقاطعات في هذا الطور .

• طور تزاوجي: **Zygotene stage**

طور من أطوار المرحلة التمهيدية الأولى من الانقسام المنصف الأول ، وتبدأ فيه الكروموسومات بالاقتران على شكل سحّاب ، وعند نهاية هذا الطور يختزل عدد الكروموسومات إلى النصف .

• طور تشتتي: **Diakinesis stage**

آخر طور من أطوار المرحلة التمهيدية الأولى ؛ من الانقسام المنصف تكون فيه الكروموسومات قصيرة ومتكاثفة ، وتترتب على أطراف النواة تقريبا .

• طور قلادي: **Leptotene stage**

الطور الأول من المرحلة التمهيدية الأولى ؛ من الانقسام المنصف الأول ، تظهر فيه الكروموسومات على شكل خيوط دقيقة وطويلة ، ملتفة ومنفصلة عن بعضها وبالعدد الثنائي .

• طول نظر: Hypermotropia (long sight)

عدم روية الأجسام البعيدة بوضوح وتكون الصورة قبل الشبكية .

• عاج: Dentine

مادة باهتة الاصفرار تكون كتلة السن وتشبه مادة العظام .

• عامل رينال إيريثروبيوتك: Rinal erythropoietic factor

هرمون تفرزه الكلية يعمل مع مادة أخرى على زيادة إنتاج خلايا الدم الحمراء .

• عاني: Pubis

أحد ثلاث عظام من العظم عديم الاسم وهو أمامي بطني .

• عبور: Crossing over

تبادل وراثي بين كروموسومين متماثلين خلال المرحلة التمهيدية الأولى من الانقسام المنصف الأول .

• عتبة: Threshold

الحد الأدنى لقوة المؤثر التي تؤدي إلى استثارة الليفة العضلية للانقباض .

• عدسة بلورية: Crystalline lens

عدسة تقع خلف قزحية العين ، وتعمل على تكيف الأبصار .

• عدد مضاعف: Diploid

العدد الطبيعي للكروموسومات في جميع خلايا الجسم عدا الأمشاج .

• عدد نصفي (للكروموسومات): متساوٍ Haploid (IN)

نصف العدد الكروموسومي الموجود في الخلايا الجسدية . وتحتوي الحيوانات المنوية والبويضات البالغة على العدد النصفي من الكروموسومات .

• عصارة بنكرياسية: Panereatie Juices

عصارة هاضمة وهي محلول قلوي ، وتؤثر في كل من المواد البروتينية والنشوية والدهنية ، وتحتوي على كلوريد الصوديوم وكربونات الصوديوم وبيكربونات الصوديوم .

• عصب تائه: Vagus nerve

العصب الدماغي العاشر ويعمل على تخفيض معدل عمل العقدة الجيب أذينية وبذلك تقل عدد ضربات القلب .

• عصب حركي: Motor nerve

عصب متصل بعضلة مخططة لنقل السيالات العصبية إليها في حالة تعرضها لمؤثر .

• عصب حركي أو صادر: Motor or efferent neuron

العصب الذي ينقل المعلومات من الدماغ والنخاع الشوكي إلى أعضاء الجسم الأخرى .

• عصب حسي أو وارد: Sensory or afferent neuron

العصب الذي ينقل المعلومات من أعضاء الإستقبال في مختلف أجزاء الجسم إلى الدماغ والنخاع الشوكي .

• عصب رابط: Conductor neuron

العصب الذي يربط مراكز أو خلايا نصفي المخ ونصفي النخاع الشوكي اليمين واليسار .

• عصب موصل: Connector neuron

العصب الذي يصل بين الخلايا العصبية .

• عصبون: Neuron

هو نفسه الخلية العصبية التي تعتبر وحدة البناء والوظيفة في الجهاز العصبي . وتعمل على ربط أجزاء الجسم المختلفة ربطا حسياً وعصبياً .

• عضد: Humerus

يتكون من عظمة واحدة ، وهو أحد تراكيب الطرف الأمامي ويتمفصل رأسه مع الحزام الصدري في التجويف الأروح مكونا مفصل الكتف .

• عضلات ناصبة: Erector muscles

عضلات تلتصق بجانب جراب الشعرة ، وهي التي تسحب الشعرة عموديا في حالة الإحساس بالبرودة (القشعريرة) .

• عضلة: Muscle

نسيج من الألياف المتماسكة والمحاطة بغشاء رقيق .

• عضلة إرادية: Voluntary muscle

أنظر عضلة مخططة

• عضلة حشوية: Viceral muscle

أنظر عضلة غير مخططة .

•عضلة غير مخططة: Unstriated muscle

تتكون من ألياف مستطيلة ليس بها خطوط مستعرضة ، وغير متصلة بالهيكل العظمي ولكنها تحيط جميع الأعضاء المجوفة ، ولا نستطيع تحريكها بإرادتنا وتسمى عضلة لا إرادية أو ملساء أو حشوية .

• عضلة القلب: Cardiac muscle

عضلة لا إرادية ، تتكون من ألياف عضلية مرتبة ومتشابكة .

• عضلة لا إرادية: Involuntary muscle

انظر عضلة غير مخططة .

• عضلة مخططة: Striated muscle

تتكون من ألياف بها خطوط مستعرضة ، وترتبط بالهيكل العظمي ، وتتحرك بإرادتنا وتسمى عضلة هيكلية أو عضلة إرادية .

• عضلة ملساء: Smooth muscle

أنظر عضلة غير مخططة .

• عضلة هيكلية: Skeletal muscle

أنظر عضلة مخططة .

• عضو إستقبال خارجي: Exteroreceptor

عضو يستقبل المنبهات من خارج الجسد .

• عضو إستقبال داخلي: Interreceptor

عضو يستقبل المنبهات من داخل الجسم .

• عضو إستقبال ذاتي: Proprireceptor

عضو يستقبل المنبهات التي تحدث بسبب تغير في وضع الجسم .

• عضو كورتي: Corti organ

عضو السمع ، ويوجد في الأذن الداخلية على الغشاء القاعدي ملاصقا للطبقة العظمية الحلزونية .

•عظم اسفنجي: Spongy bone

أحد أنواع العظام ، وهو يتخذ شكلا شبكيا به مساحات مملوءة بنخاع العظام الذي تكون خلايا الدم ، يوجد في نهاية عظام الأطراف وفي العظام المسطحة .

• عظمة: bone

عضو حي يحتوي على أوعية دموية وأعصاب وهي مجوفة .

• عظم عديم الاسم: Innominate bone

أحد مكونات الحزام الحوضي ، وتتركب من ثلاث عظام هي ؛ العاني والورك والحرقف ، ويتصل عند الظهر بالعمود الفقري .

• عظم كثيف: Compact bone

أحد أنواع العظام ويمتاز باكتظاظ مجموعات هافرس ، يوجد في قصبات عظام الأطراف .

• عظيمات سمعية: Auditory ossicles

ثلاث عظيمات توجد في الأذن الوسطى ، وهي المطرقة والسندان والركاب ، وتنقل الذبذبات من غشاء الطبلة إلى عضو السمع الحقيقي .

• عقب: Tarsals

أحد تراكيب القدم وتتكون من سبعة عظام .

• عقدة أذينية بطينية: (AU) Atrio - Venticular node

عقدة عصبية توجد عند اتصال الأذين الأيمن بالبطين الأيمن وتصلها الإثارة الكهربائية العصبية من عضلات الأذينين ، وتعمل على تنظيم انقباض وانبساط عضلة القلب .

• عقدة جيب أذينية: (SA) Sino atrial node

عقدة عصبية توجد عند اتصال الوريد الأجوف العلوي بالأذين الأيمن ، وهي تثير عضلات الأذينين للانقباض وهي المسؤولة عن المحافظة على معدل نبض القلب .

• عقدة رانفيير: Node of Ranivier

مكان انقطاع الغمد الميليني ، فيصبح غلاف الليفة العصبية على اتصال مباشر بالمحور .

• عقد عصبية قاعدية: Basal ganglia

أنظر أجسام مخططة .

• عقدة ليمفاوية: **Lymph node**

غدة تحت الجلد وهي عبارة عن شعيرات ليمفاوية متجمعة ووظيفتها ترشيح الليمف وإزالة الجزئيات الغريبة والجراثيم الضارة داخل الليمف ، وتنتج أحد أنواع خلايا الدم البيضاء التي تقاوم الالتهابات المزمنة .

• عمى الألوان: Colour blindness

عدم القدرة على التمييز بين الألوان المختلفة وبخاصة بين الأحمر والأخضر .

• عملقة: Gigantism

زيادة نمو العظام بسبب زيادة هرمون النمو في مرحلة الطفولة .

• عمود فقري: Vertebral column

يتكون من ٢٣ أو ٢٤ فقرة ، ويمتد على طول الجذع ، وهو على درجة من الصلابة ، ويعمل على تدعيم وإسناد الأحشاء الداخلية ويحمي النخاع الشوكي .

• عنق (السن): Neck

جزء السن الواقع بين التاج والجذر .

• عنق الرحم: **Cervix**

الجزء الأسفل من الرحم ويمتد قليلا في المهبل .

• غدة أبوكراين: **Abucrine gland**

غدة عرقية كبيرة توجد في الإبطين وعند الإربية وبجانب الأعضاء التناسلية .

•غدة إكراين: **Ecrine gland**

غدة عرقية صغيرة تنتشر في كل أنحاء الجلد .

• غدة البروستات: **Prostate gland**

غدة ملحقة بالجهاز التناسلي للذكر ، تحيط بالإحليل قرب إتصاله بالمثانة ، وتفرز جزءاً من السائل المنوي القاعدي .

• غدة درقية: **Thyroid gland**

أكبر الغدد الصماء حجما ، وتتكون من فصين بيضاويين يربطهما غشاء رقيق ، ويقعان على جانبي القصبة الهوائية .

• غدة دهنية: **Sebaceous (oil) gland**

إحدى مشتقات الجلد ، تقع في الأدمة في جراب الشعرة ، تفرز الدهون (الزيوت) في الجراب ، وتعمل هذه الدهون على تشحيم الشعر ، واكساب الجلد ليونة .

• غدة زعترية: **Thymus gland**

غدة صماء تقع في تجويف الصدر من الأعلى والأمام ، أي في المنطقة السفلية للعنق ، وتضمر عند بلوغ الشخص سن المراهقة وتفرز هرمون الثيموسين الذي يعلم على بناء المناعة في الجسم .

• غدة صماء: **Endocrine gland**

غدة لاقنوية تفرز هرمونات تصب مباشرة في الدم .

• غدة صنوبرية: **Pineal gland**

تسمى جسم صنوبري وذلك لعدم ثبات فعاليتها كغدة بالرغم من استخلاص بعض الهرمونات منها . وهي تخرج من سرير المخ ، وتقع في انخفاض خلف التصالب البصري .

• غدة فوق كلوية: **Suprarenal glands**

أنظر غدة كظرية .

• غدة عرقية: **Sweat gland**

غدة قنوية تتوزع في جميع أجزاء الجلد ويتم خروج معظم الماء من الجسم عن طريقها .

• غدة كظرية: **Adrenal gland**

من الغدد الصماء وهما اثنتان ، تقع كل واحدة فوق كلية .

• غدة كوبر: **Cowper's gland**

غدة صغيرة الحجم ملحقة بالجهاز التناسلي للذكر تقع على الإحليل وتفرز قطرة من الإفرازات المخاطية قبل حدوث التهيج الجنسي .

• غدة نخامية: **Pituitary gland**

أهم غدة صماء في الجسم ، فهي تنظم وتسيطر على عمل الغدد الصماء الأخرى ، وتقع في قمة التجويف الأنفي في عظم أرضية الجمجمة وهي تتكون من ثلاثة فصوص أمامي ومتوسط وخلفي .

• غدة لاقنوية **Duetless gland**

انظر غدة صماء .

• غدتان تحت الفك السفلي: **Submandibular glands**

توجدان في منخفض صغير على السطح الانسي لعظم الفك . ولكل غدة قناة تفتح في قاع الفم .

• غدتان تحت اللسان: **Sublingual glands**

أصغر الغدد اللعابية ، توجدان تحت اللسان ولهما صفاً من القنوات الصغيرة التي تفتح في الفم .

• غدتان نكفيتان: **Parotid glands**

زوج من الغدد اللعابية تحت الجلد وكل واحدة أمام أذن .

• غدد تناسلية: **Gonads**

غدد صماء وتشمل كلا من المبيضين والخصيتين .

• غدد جارات الدرقية: **Parathyroid glands**

غدد صماء عددها أربع ، يقع كل زوج منها خلف الفص الجانبي للغدة الدرقية واحدة فوق الأخرى ، وتفرز هرمون الباراثورمون .

• غدد لسانية: **Lingual glands**

غدد توجد بالقرب من السطح السفلي للسان .

• غدد لعابية: **Salivary glands**

غدد ملحقة بالقناة الهضمية وهي عنقودية الشكل وعددها ثلاثة أزواج وتفرز اللعاب .

• غشاء البكارة: **Hymen**

غشاء رقيق يغلق فتحة المهبل كليا أو جزئيا عندما تكون الأنثى بكرا .

• غشاء الخلية: **Cell membrane**

غشاء حي ونشط يحيط بالخلية ويتكون من طبقتين من البروتين تفصل بينهما طبقة مزدوجة من جزيئات مادة دهنية ، والوظيفة الأساسية له هي تنظيم مرور المواد الذائبة ما بين الخلية والوسط المحيط بها ، ويتصف بأنه شبه منفذ **(Semipermeable)**

• غشاء شمي: **Olfactory membrane**

غشاء يوجد أعلى تجويف الأنف وهو مصبوغ بالأصفر ويغطي نحو ٢,٥ سم٢ من كل جانب من جوانب الأنف .

• غشاء عنكبوتي: **Arachnoid mater**

غشاء رقيق وهو الطبقة الوسطى من السحايا .

• غشاء نووي: **Nuclear membrane**

غشاء يحيط بالنواة ويفصلها عن السيتوبلازم ويتصف بخاصية النفاذية الاختيارية .

• **غشاء يحيط بالعظم: Periosteum**

الغشاء المحيط بالعظام وهو المسؤول عن إفراز عظم جديد في حالة كسر أي جزء منه .

• **غلاف الحزمة العصبية: Perineurium**

انظر حزمة عصبية .

• **غلاف العصب: Epineurium**

نسيج ضام هلامي غني بالأوعية الدموية والمواد الدهنية يحيط بالحزم العصبية جميعها في العصب الواحد .

• **فتحة البواب: Pyloric orifice**

مكان اتصال المعدة من أسفلها بالأمعاء الدقيقة .

• **فتحة الفؤاد: Cardiac orifice**

فتحة بين المريء والجزء العلوي من المعدة .

• **فترة جموح: Refractory period**

الفترة بين نهاية سيال عصبي وبداية سيال عصبي يليه مباشرة وهي نحو ٠,٠٠١– ٠,٠٠٣ من الثانية .

• **فترة السيال العصبي:**

المدة التي تلزم لدخول أيونات الصوديوم داخل العصبون وخروج أيونات البوتاسيوم من العصبون .

• **فخذ: Femur**

عظم واحد وهو أحد تراكيب الطرف الخلفي ، ويتمفصل رأسه مع تجويف الحق .

• **فرج: Vulva**

أعضاء جنسية ثانوية ، تحيط بالفتحة التناسلية للأنثى .

• **فرضية الخيوط المنزلقة: Sliding filament hypothesis**

فرضية تفسر انقباض العضلات المخططة ، وهو انزلاق خيوط الأكتين بين خيوط الميوسين ، وتنقبض خيوط الأكتين والميوسين معا في صورة اكتوميوسين .

● فم: **Mouth**

الجزء الأعلى من القناة الهضمية : وهو عبارة عن تجويف مبطن بغشاء مخاطي ويفتح إلى الخارج بفتحة فمية تحيط به الشفتان **(Lips)** .

● فيبرين: **Fibrin**

خيوط بروتينية تنتج بعدحدوث تخثر الدم ؛ لتمنع استمرار جريانه . وهي تنتج من أثر الثرومبين على الفيبرينوجين .

● فيبرينوجين: **Fibrinogen**

أحد البروتينات الذائبة في بلازما الدم ، ولها علاقة بتخثر الدم .

● قانون الكل أو العدم: **All or non Law**

يعتمد مقدار انقباض العضلة المخططة على شدة المنبه ، فإذا كانت شدة المنبه أكثر من شدة العتبة فإن الليف العضلي يستجيب بأقصى سرعة ويسمى قانون الاستجابة ككل . أما إذا كانت شدة المنبه أقل من شدة العتبة فإن الليف العضلي لا يستجيب ويسمى قانون عدم الإستجابة .

● قبوة: **Fornix**

ألياف تربط نصفي الكرة المخيان .

● قدم: **Foot**

أحد تراكيب الطرف السفلي وتتكون من عظام رسغ القدم (العقب) وعظام مشط القدم والسلاميات .

● قربة (شكوة): **Utriculus**

أنظر تيه غشائي .

● قرنية: **Cornea**

الجزء الأمامي الشفاف من الصلبة .

● قزحية: **Iris**

الجزء الأمامي من المشيمية وهي التي تلون العين .

• قزمنة: **Dwarfism**

تأخر نمو العظام بسبب نقص هرمون النمو في مرحلة الطفولة .

• قشعريرة: **Goose flesh**

أنظر عضلات ناصبة .

• قصبة: **Tibia**

عظمة من عظمتي الساق وهي كبيرة وغليظة وتقع للداخل .

• قصر نظر: **Myopia (short sight)**

عدم رؤية الأجسام البعيدة بوضوح وتكون الصورة قبل الشبكية .

• قضيب: **Penis**

عضو الجماع في الذكر .

• قطعة مركزية: **Centrosome**

مكان اتصال الكروماتيدين المكونين للكروموسوم .

• قطعة مركزية: **Centromere**

منطقة كثيفة تثبت المظهر العام للكروموسوم .

• قفص صدري: **Thoracic bones**

يتكون من عظمة القص والضلوع والفقرات الظهرية ، ويوجد فيه اثنا عشر زوجا من الأضلاع ويعمل القفص الصدري على حماية القلب والرئتين .

• قلب: **Heart**

عضو عضلي أجوف يقع في وسط التجويف الصدري ، وهو عبارة عن فتحة مزدوجة ، يأخذ الدم من بعض الأوعية الدموية ويدفعه في أوعية دموية أخرى .

• قناة إستاكيوس: **Eustachian tube**

قناة تصل بين الأذن الوسطى والتجويف الفموي البلعومي ، وتحافظ على تساوي الضغط على جانبي الطبلة .

• قناة حويصلية: Alveolar duct

كيس مستطيل في نهاية كل شعيبة هوائية .

• قناة ستنسن: Stensen,s

قناة تمتد من الغدة النكفية وتفتح على السطح الداخلي للخد ويسري اللعاب فيها من الغدة النكفية إلى الفم .

• قناة سمعية خارجية: External auditory meatus

قناة طولها ٣سم توجد في الأذن الخارجية وتمتد من الصيوان إلى الطبلة .

• قناة صدرية: Thorasic duct

أكبر وعاء ليمفاوي في الجسم ، تحمل مزيج الليمف والكليوس من الحوصلة الكيلوسية إلى أعلى عبر الصدر بمحاذاة العمود الفقاري وتصب في الوريد تحت الترقوي الأيسر .

• قناة صفراوية: Bile duct

قناة حوصلية تتحد بالقناة الكبدية العامة .

• قناة فالوب: Fallopian tube

قناة يفتح طرفها العلوي في تجويف الجسم بالقرب من المبيض بفتحة تدعى القمع ، ويتصل طرفها السفلي بالرحم ، وتسمى أيضا قناة المبيض .

• قناة كبدية عامة: Common hepatic duct

قناتان تبرزان من الكبد وتمتدان لتكونا قناة كبدية عامة .

• قناة ليمفاوية يمنى: Right lymphatic duct

قناة تتكون نتيجة اتحاد الجذع الودجي الأيمن - الذي يجمع الليمف من الناحية اليمنى من الرأس والعنق - والجذع تحت الترقوي الأيمن- الذي يجمع الليمف من الذراع اليمنى- وتصب القناة الليمفاوية اليمنى في الوريد تحت الترقي الأيمن .

• قناة المبيض: Oviduct

أنظر قناة فالوب .

• **قناة هضمية: Alimentary canal**

تتألف من الفم ،والبلعوم ،والمريء ، والمعدة ، الأمعاء الدقيقة ، والأمعاء الغليظة ، وتنتهي بفتحة الشرج .

• **قوس إنعكاسي: Reflect arch**

سيال عصبي ينتقل من عضو إحساس إلى النخاع الشوكي ومن النخاع الشوكي إلى نفس عضو الإحساس .

• **قوس أبهر (أورطي): Aortic arch**

شريان يخرج من البطين الأيسر وينحني نحو اليسار وإلى أعلى مكونة الأبهر الظهري (الأورطي الظهري) .

• **قواطع: Incisors**

توجد في مقدمة الفك وعددها أربعة في كل فك ، وظيفتها تقطيع الطعام .

• **قوقعة: Cochlea**

الجزء من الأذن الذي يحتوي على عضو الإحساس لموجات الصوت .

• **قولون: Colon**

أنبوبة متسعة تتصل بالمعي الأعور من أعلاه .

• **قولون صاعد: Ascending Colon**

الجزء من القولون الذي يصعد بمحاذاة الخاصرة اليمنى .

• **قولون مستعرض: Transverse colon**

الجزء من القولون الذي يمتد أفقياً .

• **قولون نازل: Descending colon**

الجزء من القولون الذي ينزل بمحاذاة الخاصرة اليسرى .

• **كبد: Liver**

أكبر غدة في الجسم وهي ملحقة بالقناة الهضمية وتقع تحت الحجاب في أعلى الخاصرة

اليمنى ، ويقسم الكبد بوساطة رباط إلى فصين ، أيمن كبير وأيسر صغير ، ويفرز الكبد سائلا يعرف بالصفراء .

• كبة (كرة مالبيجي): Glomerulus

حزمة شعيرات دموية داخل محفظة بومان .

• كبسولة بلاستولية: Blactocyst

عند عمليات إنبات الجنين في جدار الرحم يكون على شكل جراب مستطيل يسمى كبسولة بلاستولية وتجويفها يدعى التجويف البلاستولي .

• كثم: Critinism

حالة التأخر في النضوج الجنسي ونمو القوى العقلية ونقصان في سرعة التمثيل الغذائي ، ويعزى سبب ذلك كله إلى نقص إفراز هرمونات الغدة الدرقية في سن مبكرة .

• كربامينوهيموجلوبين: Carbaminohaemoglobin

مركب ينتج عن اتحاد جزء من ثاني أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين وعند وصوله إلى الرئتين يتحلل بسرعة محررا ثاني أكسيد الكربون .

• كربوهيدرات: Carbohydrate

مركب عضوي يحتوي على عناصر الكربون والأكسجين والهيدروجين وتكون نسبة الأكسجين إلى الهيدروجين كنسبة وجودها في الماء ١ :٢ .

• كروماتيدان شقيقان: Sister chromatids

كروماتيدا نفس الكروموسوم .

• كروماتين: Chromatin

مادة توجد في الكروموسومات وتصطبغ بصبغات قاعدية معينة لاحتوائها على أحماض أمينية .

• كروموسوم (جسم صبغي): Chromosome

جسم خيطي الشكل يظهر بوضوح داخل نواة الخلية في أثناء انقسام النواة ، ويتكون

الكروموسوم من جزيء كبير من د ن أ وقليل من ر ن أ وبروتينات قاعدية متنوعة في الكائنات الحية حقيقية النوى . أما في الكائنات الحية غير حقيقية النوى فيتكون من د ن أ فقط .

• **كروموسوم: X- Chromosome- X**

كروموسوم جنسي توجد منه نسختان في خلايا إناث معظم الكائنات الحية ، وهو مرتبط بتعيين الجنس .

• **كروموسوم: Y- Chromosome Y**

بديل كروموسوم X في ذكور معظم الحيوانات .

• **كروموسومان متماثلان: Homologous chromosome**

الكروموسومان اللذان يتقابلان في أثناء الانقسام المنصف ، يأتي أحدهما من الأم ، ويأتي الآخر من الأب ، وهما متشابهان تماماً من حيث النوع ، ومواقع الجينات ، وموقع القطعة المركزية .

• **كروموسوم جسمي: Autosome**

كروموسوم موجود في زوجين متماثلين في كل من الذكور والإناث ، ولا يحمل جينات تحدد الجنس .

• **كروموسوم جنسي: Sex chromosome**

أحد زوجي الكروموسومات الذي يختلف بين الجنسين ، ويحدد جنس الفرد ، مثلا ، إناث الإنسان لهن كروموسومان جنسيان (XX) بينما الذكور لهم كروموسومان جنسيان مختلفان (XY) .

• **كروموسوم طرفي القطعة المركزية: Acrocentric chromosome**

كروموسوم تقع القطعة المركزية فيه قريبة من أحد طرفيه ، وتقسمه إلى ذراعين غير متساويين في الطول .

• **كروموسوم نهائي القطعة المركزية: Telocentric chromosome**

كروموسوم تقع فيه القطعة المركزية في أحد طرفيه تماما .

● كروموسوم وسطي القطعة المركزية: **Metacentric chromosome**

كروموسوم تقع القطعة المركزية في وسطه ، وتقسمه إلى ذراعين متساويين في الطول .

● كرومونيما: **Chromonema**

هي مرحلة السكون لا تكون الكروموسومات مميزة بل توجد على شكل خيوط رفيعة ملتوية يسمى كل منها كرومونيما .

● كعبرة: **Radius**

أحد عظام الساعد وهي خارجية .

● كلون: **Clone**

مجموعة من الخلايا أو الكائنات الحية ذوات التركيب الجيني المتماثل تماماً ، وتكون عادة ناتجة عن خلية واحدة أو كائن حي واحد على التوالي .

● كليات : **Nephrons**

الوحدة الفسيولوجية في بناء الكلية .

● كلية: **Kidney**

عضو في الجهاز الإخراجي ، وغدة صماء تفرز هرمونين هما رينين وعامل رينال ايروثروبيوتك .

● كليتان: **Kidneys**

غدتان تقعان على جانبي العمود الفقاري في التجويف البطني ، وتقع وظيفة الإخراج بكاملها تقريبا على عاتق الكليتين .

● كمون: **Latent**

أحد أطوار انقباض العضلة وهي الفترة بين زمن الاستثارة العصبية للعضلة وبين بداية الاستجابة الانقباضية وتقدر فترتها بـ ٠,١ ثانية .

● كمون غشائي: **Membrane potential**

أنظر إستقطاب .

• كوريون: Chorion

غشاء يحيط بالجنين من الخارج .

• كيازما: Chiasma

نقطة اتصال الكروماتيدين غير الشقيقين ، وتتم عن طريقها عملية العبور .

• كييس: Sacculus

أنظر تيه غشائي .

• كيس الصفن: Scortal sac

كيس جلدي يتدلى من الإربية ، ويحفظ الخصيتين خارج تجويف الجسم للمحافظة على درجة حرارتهما أقل قليلاً من درجة حرارة الجسم .

• كيس مح: Yolck sac

غشاء يتكون من الجنين ، ويحتوي على كمية قليلة من المح ويتلاشى بعد فترة قصيرة من تكونه .

• كيموتربسين: Chymotrypsin

يتحول الكيموتربسينوجين عند اختلاطه بإنزيم التربسين إلى إنزيم الكيموتربسين الذي يحلل روابط الببتيدات في البروتينات .

• كيموتربسينوجين: Chymotrypsinogen

إنزيم خامل تفرزه العصارة البنكرياسية .

• كيموس: Chyme

الطعام المهضوم جزئيا في المعدة : وهو عبارة عن سائل حمضي لزج أصفر اللون . ويسمى المنهضم .

• لا استقطاب: Depolarization

تلاشي الفرق في الجهد بين خارج وداخل الغشاء الخلوي لليف العضلي .

• لاقحة: Zygot

بويضة مخصبة ، تكون كائناً حياً بعد أن تنقسم انقساماً متساوياً .

• لاكتيز: **Lactase**

إنزيم تفرزه العصارة المعوية ، يحلل سكر اللاكتوز (سكر الحليب) إلى سكر الجلوكوز .

• لب: **Pulp**

تجويف مملوء بالنسيج الضام الذي يحتوي على الأوعية الدموية التي تغذي السن ، وأعصاب تتفرع لتصل إلى العاج فتعطيه الحساسية . ويسمى اللب كهف النخاع .

• لبأ: **Colostrum**

حليب الأم الذي تفرزه في أول يومين ، وهو غني بالبروتينات وفقير بالدهون ، ويعمل على تنظيف أمعاء المولود .

• لبنيات: **Lacteals**

أوعية ليمفاوية دقيقة يوجد واحد منها في مركز كل خملة ، وتقوم هذه اللبنيات بحمل الغذاء المهضوم (الكيلوس) إلى الأوعية الليمفاوية في جدار الأمعاء .

• لحمية: **Sarcolemma**

غشاء يحيط بالعضلة المخططة .

• لسان: **Tongue**

عضو عضلي يتحرك في كل الاتجاهات ، يقوم بتحريك الطعام ومزجه باللعاب ودفعه عند البلع ، ويتذوق الطعام بالحلمات الموجودة على سطحه .

• لسان المزمار: **Epiglottis**

غطاء غضروفي يقع في التجويف البلعومي ويعمل على إغلاق فتحة الحنجرة عند بلع الطعام .

• لفائفي: **Ileum**

الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة ويفتح في الأعور .

• لوح: **Scapula**

أحد تراكيب الحزام الصدري وهو عظم أساسي ظهري على كل جانب .

● **ليبيز: Lipase**

إنزيم تفرزه العصارة الصفراوية يحلل الدهون إلى أحماض دهنية وجلسرين .

● **ليبيز معدي: Gastric Lipase**

إنزيم هاضم للدهون تفرزه المعدة .

● **ليبيز معوي: Intestinal Lipase**

أنزيم تفرزه العصارة المعوية ، يحول المستحلب الدهني المتبقي إلى أحماض دهنية وجلسرين .

● **ليمف: Lymph**

سائل عديم اللون ، ينشأ من السائل البيني في الجهاز الليمفاوي للحيوانات الفقارية .

● **ليمف: Lymph**

عبارة عن بلازما الدم الموجودة في الأوعية الليمفية ، أو الأنسجة ، ومعظم الخلايا الدموية البيضاء .

● **ليفة عصبية: Nerve fiber**

خيوط أسطوانية طويلة دقيقة جدا تستحيل رؤيتها بالعين المجردة .

● **ليفة عصبية غير ميلينية (أو غير نخاعية):**

Non- Myelinated (or non- medullated) never fiber

ليفة عصبية غير محاطة بالغمد الميليني أو النخاعي .

● **ليفة عصبية ميلينية (أو نخاعية): Myelinated or medullated nerve fiber**

ليفة عصبية محورها الأسطواني محاط بمادة الميلانين .

● **ليفية عضلية: Myofibril**

أحد مكونات الليفة العضلية وتحتوي على خيوط عضلية قابلة للانقباض والانبساط .

● **لييفات: Fibrils**

يتحور السيتوبلازم في بعض الأنواع المتخصصة من الخلايا فيعطي تركيبات ليفية خاصة كاللييفات العصبية واللييفات العضلية .

● **ليفة عضلية: Myofiber**

خلية عضلية ومجموع هذه الخلايا تكون العضلة .

● **ليفيات عصبية: Neurofibrils**

خيوط رفيعة متقاطعة تكون تركيباً شبكيا في السيتوبلازم ، تنتقل خلالها المؤثرات الحسية والعصبية .

● **مالتيز: Maltase**

إنزيم تفرزه العصارة المعوية . يحلل سكر الشعير إلى سكر جلوكوز (سكر العنب) .

● **مبيض: Ovary**

عضو التناسل الأساسي في الأنثى وتتكون فيه البويضات .

● **مبيض: Ovary**

غدة تناسلية أنثوية صماء تفرز مجموعة من الهرمونات تعرف بالإستروجينات . ومن هذه الهرمونات ، الإستراديول ، والإسترون ، والإستريول . وهذه الهرمونات تعمل على زيادة الرحم عند التبويض لإنبات الجنين إذا حصل الحمل ، كما تعمل على ظهور الصفات الجنسية الثانوية .

● **متعددة الأقطاب: Multipolar**

خلية عصبية لها شجيرات عصبية كثيرة .

● **مثانة بولية: Urinary bladder**

كيس غشائي عضلي يتجمع فيه البول قبل إخراجه .

● **مجموعة رباعية: Tetrad**

يتكون كل زوج من الكروموسومات من كروماتيدين وتسمى هذه الكروماتيدات المجموعة الرباعية .

● **محفظة بومان (محفظة الكبة): Bomman's capsule**

نهاية النفرون وتكون مغلقة على شكل كرة مزدوجة الجدران .

• محفظة مالبيجي (جسم مالبيجي): Malpighian corpuscle

الكبة ومحفظة بومان وتقوم بعملية ترشيح الدم ،

• محور أسطواني: Axon

أحد مكونات العصبون ويمتد مسافات طويلة قد تزيد عن متر ، وقطره ثابت .

• مخ: Cerebrum

يسمى الدماغ الكبير ، إذ يكون نحو ٩٠٪ من حجم الدماغ ويتكون من نصفي كرة .

• مخاض: Labour

عملية تبدأ بذوبان المشيمة ، ويدور الوليد في الرحم ويصبح رأسه قريبا من عنق الرحم ، وتبدأ تقلصات عضلات الرحم لدفع الوليد خارجه .

• مخيخ: Cerebellum

جسم صغير يقع أسفل نصفي الكرة المخيين وخلف النخاع المستطيل ، ينسق التقلصات العضلية ويقويها لضمان إتزان الجسم .

• مدمج خلوي: Cynicitium

قد يحصل انقسام للنواة دون انقسام السيتوبلازم في الانقسام المباشر وتتكون خلية عديدة الأنوية تسمى مدمجاً خلوياً .

• مرارة: Gall bladder

انظر الحوصلة الصفراوية.

• مرحلة استوائية: Metaphase

مرحلة من مراحل الانقسام الخلوي، تصطف فيها الكروموسومات في منتصف الخلية بين قطبيها، وبشكل متعامد مع الأشعة المغزلية التي تكون مرتبطة معها.

• مرحلة انفصالية: Anaphase

مرحلة من مراحل الانقسام الخلوي، تبدأ فيها الكروموسومات بالتحرك باتجاه قطبي الخلية .

• **مرحلة بينية: Interphase**

مرحلة في دورة الخلية ، وهي ما بين حالتي الإنقسام واللاإنقسام للخلية ، وتتكون من مراحل النمو الأول **(G1)** ، وبناء د ن أ **(S)** ، والنمو الثاني **(G2)**.

• **مرحلة تمهيدية: Prophase**

المرحلة المبكرة من مراحل الانقسام المتساوٍ أو المنصف ، وتستغرق نصف وقت الانقسام تقريباً ، وفيها تميز الكروموسومات في النواة وتتحرك نحو خط الاستواء .

• **مرحلة نهائية: Telophase**

آخر مرحلة في الانقسام الخلوي ، وأهم حدث فيها هو انقسام السيتوبلازم ، وتنتظم الكروموسومات في نواتين جديدتين .

• **مرض جريفز: Graves' disease**

أنظر تضخم جحوظي .

• **مرض السكري: Diabetes mellitus**

إذا زاد تركيز الجلوكوز في الدم أكثر من ١٧٠ ملغم/١٠٠سم٣ بسبب خلل في الإفراز الهرموني للبنكرياس ، بحيث لا تستطيع الكليتان إمتصاص الجلوكوز المترشح فيتسرب بعضه مع البول .

• **مركب عضوي: Organic Compound**

المركب الذي يحتوي على الكربون ، وسمي عضوياً لأنه يوجد في كائن حي أو تكون بالأصل في كائن حي ، والمركب العضوي خامل إلى حد كبير ويمتاز بخاصية الثبات .

• **مركب غير عضوي: Inorganic Compound**

يأتي هذا المركب من أصل معدني ، ويحصل عليه الكائن الحي عن طريق تغذيته من البيئة التي يعيش فيها .

• **مركز تنفسي: Respiratory center**

مركز خاص للتنفس يوجد في النخاع المستطيل ، يرسل سيالات عصبية متتابعة إلى عضلة الحجاب الحاجز وعضلات الأضلاع لتقوم بعملية التنفس .

• **مريء: Esophagus**

عضو في الجهاز الهضمي يلي البلعوم وهو أنبوبة عضلية طولها نحو ٣٠سم وقطرها ٣ وتفتح في المعدة .

• **مزمار: Glottis**

فتحة مثلثة الشكل تقع بين الحبلين الصوتيين العلويين والسفليين .

• **مساريقا المبيض: Mesovarium**

يتصل المبيض بالجدار الظهري للجسم بوساطة مساريقا المبيض .

• **مستقبل: Receptor**

خلية حسية أو جزء منها أو نهاية عصبية يمكن استثارتها عند تعرضها لمؤثر خارجي أو داخلي .

• **مستقيم: Rectum**

الجزء الأخير من الأمعاء الغليظة وينتهي بفتحة الشرج .

• **مشط القدم: Metatarsals**

أحد تراكيب القدم وتتكون من خمسة عظام .

• **مشيج: Gamete**

خلية تناسلية تحتوي على مجموعة كروموسومية أحادية .

• **مشيمية: Choroid**

الغلاف الأوسط للعين ، وهو غشاء خلوي يحتوي على صبغة سوداء وكثير من الأوعية الدموية .

• **مصران أعور: Cecum**

انظر المعي الأعور .

• **مطرقة: Hammer or malleus**

إحدى عظيمات الأذن الوسطى الثلاث .

● معي أعور: Cecum

كيس صغير يقع في الجهة اليمنى من تجويف البطن . يفتح فيه اللفائفي ، وتتصل به من أسفل الزائدة الدودية . ويسمى أحياناً المصران الأعور .

● معدة: Stomach

عضو عضلي في الجهاز الهضمي وهي مجموعة تقع أسفل الحجاب الحاجز على يسار التجويف البطني من الجسم .

● مفصل: Joint

مكان اتصال عظم بعظم آخر .

● مفصل زلالي (تشحيمي) : Synovial joint

سمي بهذا الاسم نسبة إلى الغشاء الزلالي الذي يحيط به ، ويؤدي إلى تشحيمه ، ومعظم المفاصل من هذا النوع تتمتع بمدى واسع من الحركة وتسمى مفاصل حرة الحركة .

● مفصل غضروفي: Cartilagenous joint

مفصل يقع بين عظمتين يربطهما غضروف ، يسمح بحدوث حركة بسيطة ويسمى هذا بالمفصل قليل الحركة .

● مفصل ليفي: Fibrous joint

مفصل يقع بين عظمتين يرتبطان بنسيج ليفي ، وتوجد بين العظام المنبسطة في الجمجمة وليس هناك حركة في مثل هذا المفصل ، لذلك يطلق عليه اسم مفصل عديم الحركة .

● ملتحمة: Canjuctiva

الطبقة الشفافة فوق القرينة المبطنة للجفون .

● ملتحمة الأذن: Lobe of the ear

الجزء السفلي من الصيوان .

● مناعة : Immunity

قدرة الجسم على حماية نفسه من المواد والخلايا الغريبة ، متضمنة الجراثيم المعدية .

• منجل المخ: Falx cerebri

الخط الذي يفصل نصفي الكرة المخيان .

• منخران: Nose or nostrills

فتحتا الأنف الخارجيتان .

• منطقة صدرية: Thorasic region

تلي المنطقة العنقية في العمود الفقري وتتكون من اثنتي عشرة فقرة قطنية .

• منطقة عجزية: Sacral region

تلي المنطقة القطنية في العمود الفقري وتتكون من خمس فقرات ملتحمة بعضها ببعض ويتصل بها الحزام الحوضي .

• منطقة عصعصية: Coccyx region

تلي المنطقة العجزية في العمود الفقري وتتكون من أربع أو خمس فقرات ملتحمة ، وهي تكون الطرف الخلفي للعمود الفقري وتمثل المنطقة الذيلية الضامرة في الإنسان .

• منطقة عنقية: Cervical region

أول منطقة في العمود الفقري وتتكون من سبع فقرات عنقية .

• منطقة قطنية: Lumber region

تلي المنطقة الصدرية في العمود الفقري وتتكون من خمس فقرات قطنية .

• منفحين: Renin

أنزيم يفرزه جدار معدة الأطفال ولا يعمل في غيرها حيث يكون الوسط تقريبا متعادلاً ، وله خاصية تجبين الحليب إذ يؤثر في مادة الكازينومين الذائبة في الحليب .

• منهضم: Chyme

انظر الكيموس

• موقع الجين: Locus

مكان وجود جين معين على الكروموسوم .

• **مولد الضد : Antigen**

مادة عضوية تحتوي على بروتين أو دهون أو كربوهيدات أو حامض نووي ، وهي قادرة على حفز أي جسم تدخله ، وتكون غريبة عليه على عمل أجسام مناعية ضدها .

• **نخاع: Marrow**

شبكة من النسيج الضام يحتوي على خلايا بلازما النخاع التي تنتج خلايا الدم الحمراء وأنواعا من خلايا الدم البيضاء ، ولون النخاع أحمر أو أحمر يميل إلى الصفرة .

• **نخاع (حبل) شوكي: Spinal cord**

يقع في القناة الفقارية ، توجد فيه أجسام الخلايا العصبية الموصلة والحركية .

• **نخاع مستطيل: Medulla oblongata**

يقع أسفل المخ والمخيخ ، ويصل النخاع الشوكي ببقية أقسام الدماغ .

• **نسيج: Tissue**

مجموعة من الخلايا متشابهة في التركيب وتقوم بنفس العمل .

• **نسيج ضام أو مدعم: Connective or supporting tissue**

النسيج الذي يربط أو يصل أعضاء معينة من الجسم معاً .

• **نسيج ضام دهني Adipose connective tissue**

أحد أنواع الأنسجة الضامة الحقيقية ، يخزن المواد الدهنية في سيتوبلازم خلاياه ، يكون ما يشبه الوسائد حول بعض الأعضاء مثلا الكلية .

• **نسيج ضام شبكي: Reticular connective tissue**

أحد أنواع الأنسجة الضامة الحقيقية ، يتكون بشكل رئيس من الألياف الشبكية ، يوجد في الكبد والطحال والعقد الليمفاوية .

• **نسيج ضام فجوي: Areolar connective tissue**

أحد أنواع الأنسجة الضامة الحقيقية ، يربط الأعضاء معاً ، ويملأ الفراغات بين الأنسجة المتجاورة .

● **نسيج ضام كولاجيني: Collagen connective tissue**

أحد أنواع الأنسجة الضامة الحقيقية ، خيوطه بيضاء ، وهو غير مرن نسبيا ، ومن الأمثلة عليه الأوتار .

● **نسيج ضام مرن: Elastic connective tissue**

أحد أنواع الأنسجة الضامة الحقيقية ، خيوط صفراء مرنة ، ومن الأمثلة عليه الروابط التي تربط العظام معاً .

● **نسيج ضام هيكلي: Skeletal connective tissue**

أحد أنواع الأنسجة الضامة ، يبني الهيكل الداخلي للفقاريات ويحمي كثيراً من الأعضاء الداخلية .

● **نسيج طلائي انتقالي: Transitional epithelium**

شكل متحور للنسيج الطلائي الطبقي ، يبطن تجاويف وأنابيب مطاطية مثل المثانة البولية .

● **نسيج طلائي: Epithelial tissue**

طبقات من الخلايا التي تغطي الأسطح الخارجية أو الداخلية في جسم الحيوان .

● **نسيج طلائي بسيط: Simple epithelial tissue**

نسيج طلائي يتكون من طبقة واحدة من الخلايا .

● **نسيج طلائي حرشفي أو مسطح: Squamous or pavement epithelium**

نسيج طلائي بسيط خلاياه مسطحة وحرشفية ، متعددة الأطراف ، منتفخة عند مركزها حيث توجد النواة ، من الأمثلة عليه بطانة الشعيرات الدموية وبطانة محفظة بومان ، وظيفته الترشيح وتسهيل مرور المواد خلاله .

● **نسيج طلائي طبقي: Stratified epithelium**

نسيج طلائي يتكون من عدة طبقات من الخلايا ، وهو خشن غير منفذ ، وأفضل مثال عليه بشرة الجلد .

● **نسيج طلائي عمودي: Columnar epithelium**

نسيج طلائي بسيط ، خلاياه مستطيلة وعمودية على الغشاء القاعدي . أنويتها بيضاوية

الشكل تقع قرب قواعد الخلايا . ومن الأمثلة عليه الغشاء المبطن للقناة الهضمية ومجرى التنفس ، وظيفته الحماية والإفراز والامتصاص .

- **نسيج طلائي غدي: Glandular epithelium**

نسيج يتكون من خلايا طلائية وخلايا غدية ، وأفضل مثال عليه بطانة الأمعاء الدقيقة .

- **نسيج طلائي مكعب: Cuboidal epithelium**

نسيج طلائي بسيط ، خلاياه مكعبة الشكل ، أنويتها مركزية ، وأفضل مثال عليه الموجود في الغدة الدرقية . وظيفته الامتصاص والإفراز .

- **نسيج عضلي: Muscular tissue**

نسيج قابل للإنقباض والإنبساط ، يساعد على الحركة ، ويعطي الجسم قوامه ، ويمده بالطاقة .

- **نسيج عظمي: Bone tissue**

نسيج صلب مدعم ، يعطي شكلا لجسم الفقاريات ويحمي الأعضاء الطرية .

- **نسيج غضروفي: Cartilage tissue**

نسيج مدعم خشن مرن ، ويساعد على إعطاء شكل لبعض الأعضاء مثل الأذن .

- **نسيج غضروفي زجاجي أو شفاف: Hyaline cartilage tissue**

أبسط أشكال النسيج الغضروفي ، يبدو شفافاً ومتجانساً لقلة ألياف الكولاجين ، يوجد في الأنف وأطراف الضلوع وسطوح المفاصل .

- **نسيج غضروفي ليفي: Fibro cartilage tissue**

أحد أشكال النسيج الغضروفي ، يتميز بشدة مقاومته ، يوجد في الأقراص الغضروفية بين الفقرات وحول المفاصل المعرضة للضغط الشديد .

- **نسيج غضروفي متكلس: Calsified cartilage tissue**

ينتج عن تكلس أحد أشكال النسيج الغضروفي .

● **نسيج غضروفي مرن: Elastic cartilage tissue**

أحد أشكال النسيج الغضروفي ، يتميز بالقوة والمرونة ، يوجد في صيوان الأذن وقناة استاكيوس واللهاة .

● **نشاء حيواني: Glycogen**

مركب معقد من الكربوهيدرات يتكون من جزئيات عديدة من الجلوكوز ويوجد في أنسجة وخلايا الجسم ، وهو المصدر الرئيس للطاقة الكيميائية في الجسم .

● **نظرية القفل والمفتاح: Lock and key theory**

اتحاد الإنزيم مع جزيء المادة المخصص لها ، ويفترض أن تكون جزئيات الإنزيم والمادة مكملة إحداهما للأخرى ، من حيث الشكل والتركيب ، وهذا هو سبب تسمية النظرية بنظرية القفل والمفتاح .

● **نهايات أعضاء روفيني: Ruffinin's end organs**

أعضاء إستقبال السخونة ، توجد عميقة في الجلد .

● **نهايات بصيلات كروز: Kraus end bulbs**

أعضاء استقبال البرودة ، يوجد الكثير منها على الشفتين واللسان ، شكلها كروي أو قريب من الكروي .

● **نواة: Nucleus**

أهم مكونات الخلية ووجودها أساسي للحياة .

● **نواقل مشبكية: Synaptic transmitters**

انظر أكياس مشبكية .

● **نوية: Nucleolus**

جسم كروي يوجد في النواة في أثناء فترة السكون ولها دور مهم في تكوين الرايبوسومات .

● نيوكليوتيد: **Nucleotide**

مركب عضوي يتكون من قاعدة نيتروجينية ومجموعة فوسفات وجزيء سكر خماسي ، ويقوم بوظائف مختلفة كحاملات الطاقة وتكوين الأحماض النووية .

● هرم مالبيجي: **Malpigian pyramid**

حلمات متجمعة في نهاية الأنبوبة البولية .

● هرمون: **Hormone**

مادة كيميائية تفرزها غدة صماء وتؤثر في عضو آخر .

● هرمون الأدرينالين: **Adrenaline hormone**

يفرزه نخاع الغدة الكظرية ويعمل على تهيئة الجسم إلى التغيرات المرافقة لحالات الطوارئ عندما يكون الحيوان في حالة خطر أو غضب ويسمى أيضا الإيبينفرين .

● هرمون الأنسولين: **Insuline hormone**

تفرزه جزر لانجرهانز الموجودة في البنكرياس وهو عديد الببتيد ويعمل على تنظيم التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية وزيادة تركيز الجلوكوز في الدم .

● هرمون الأوكسيتوسين: **Oxytocin hormone**

هرمون يصنع في الهايبوثالامس ويختزن في الفص الخلفي للغدة النخامية حيث تقوم بافرازه ، له أثر فعال في أثناء الولادة لطرد ما يحتويه الرحم من الأغشية والأعضاء المرافقة للجنين ، وهو عديد الببتيدات .

هرمون تفرزه الغدة الدرقية ، وهو أحد مشتقات الحامض الأميني تايروسين مضافا إليها اليود ويسمى بالأيودوثايرونين ، ويعمل على تأكسد الطعام في الجسم ، وتنظيم عمليات النمو المختلفة .

● هرمون الأولدوستيرون **Aldosterone hormone**

هرمون معدني وهو أنشط هرمون تفرزه الغدة الكظرية(فوق الكلوية) .

● هرمون الإيبينفرين: **Epinephrine hormone**

أنظر هرمون الأدرينالين .

● **هرمون الباراثورمون: Parathormone hormone**

هرمون تفرزه الغدد جارات الدرقية لذلك يسمى أيضا هرمون الجار درقي ، وينظم عمليات أيض الكالسيوم والفوسفور وهو عبارة عن بروتين .

● **هرمون البروجسترون. Progesteron hormone**

انظر جسم أصفر .

● **هرمون ثلاثي يود الثايرونين: Triiodothyronine**

الهرمون المنشط للغدة الدرقية ويعمل على تأكسد الطعام في الجسم ، وتنظيم عمليات النمو المختلفة .

● **هرمون الثيمومسين: Thymosin hormone**

أنظر الغدة الزعترية .

● **هرمون جار درقي: Parathyroid hormone**

أنظر هرمون الباراثورمون .

● **هرمون جلوكاجون: Glucagone hormone**

تفرزه جزر لانجرهانز الموجودة في البنكرياس وهو عديد الببتيد يعمل على تنظيم التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية وزيادة تركيز الجلوكوز في الدم .

● **هرمونات الجلوكوكورتيكويدز: Glueocorticoids**

تنظم هذه الهرمونات عمليات أيض سكر الجلوكوز والمواد الكربوهيدراتية الأخرى والبروتين .

● **هرمون ديؤكسي كورتيكوستيرون: Deoxy corticosterone**

هرمون معدني تفرزه قشرة الغدة الكظرية وله تأثير جزئي على تنظيم عمليات أيض البوتاسيوم والصوديوم .

● **هرمون الفازوبريسين: Vasopressin hormone**

هرمون يصنع في الهايبوثالامس ويخزن في الفص الخلفي للغدة النخامية حيث تقوم بإفرازه ، ينبه عضلات الأوعية الدموية ، وبسبب نقص كمية البول الأولى ؛ ولذلك يسمى المانع لإدرار البول . وهو عبارة عن عديد الببتيدات .

• **هرمون كالسيتونين: Calisitonine hormone**

تفرزه الغدة الدرقية ، ويعمل على تخفيض نسبة الكالسيوم في الدم .

• **هرمون الكورتيزون: Cortisone hormone**

هرمون تفرزه قشرة الغدة الكظرية(فوق الكلوية) ويستعمل في حالات الروماتيزم ، وهو من هرمونات الجلوكوكورتيكويدز .

• **هرمون كورتيكوستيرون: Corticosterone hormone**

هرمون معدني تفرزه قشرة الغدة الكظرية (فوق الكلوية) وله تأثير جزئي على تنظيم عمليات أيض البوتاسيوم والصوديوم .

• **هرمون مانع لإدرار البول: Antidiuretic hormone**

انظر هرمون الفازوبريسين .

• **هرمون معدني: Mineral corticoid hormone**

هرمون تفرزه قشرة الغدة الكظرية (فوق الكلوية) وتعمل على تنظيم عمليات أيض الصوديوم والبوتاسيوم .

• **هرمون مفرز للحليب: Lactogenic prolactin hormone**

هرمون تناسلي يفرزه الفص الأمامي للغدة النخامية وينشط إفراز الحليب في الأنثى بعد الوضع مباشرة .

• **هرمون منشط للجسم الأصفر: Lutenizing hormone (LH)**

هرمون تناسلي يفرزه الفص الأمامي للغدة النخامية ، ويسبب إتمام نضج البويضة ثم انفجار حويصلة جراف وخروج البويضة منها ، ويسبب نمو الجسم الأصفر في الأنثى.أما في الذكر فينشط بناء وإفراز هرمون التسنوستيرون . وهذا الهرمون عبارة عن بروتين جلايكوجيني ويحوي مواد كربوهيدارتية .

• **هرمون منشط للحوصلة: Follicle stimulating hormone (FSH)**

هرمون تناسلي يفرزه الفص الأمامي للغدة النخامية ، يبدأ نشاطه عند البلوغ ، فهو يحفز نمو

ونضوج حويصلة جراف في الأنثى ، ويحفز تكون الحيوانات المنوية في الذكر ، وهذا الهرمون عبارة عن بروتين جلايكوجيني ويحوي مواد كربوهيدارتية .

• **هرمون منشط للغدة الدرقية: Thyroid stimulating hormone (TSH)**

هرمون يفرزه الفص الأمامي للغدة النخامية . وينظم جميع نشاطات الغدة الدرقية وكذلك نمو الغدة نفسها . وهو بروتين جلايكوجيني ويحوي مواد كربوهيدارتية .

• **هرمون منشط للغدد التناسلية: Gonadotropic hormone**

هرمون يفرزه الفص الأمامي للغدد النخامية ، ويعمل على تنشيط ونمو الأعضاء التناسلية الذكرية والأنثوية وإتمام البلوغ .

• **هرمون منشط للغدد التناسلية الكريوني: Gonadotropin chorionic**

يأمر الجسم الأصفر بالاستمرار في إفراز هرمون البروجسترون الذي يمنع إفراز الهرمون المنشط لحويصلة جراف ويمنع نضوج حويصلة جراف جديدة طيلة مدة الحمل .

• **هرمون منشط لقشرة الغدة فوق الكلوية: Adrenocorticotropic hormone (ACTH)**

هرمون يفرزه الفص الأمامي للغدة النخامية ، ويعمل على تنظيم إفرازات قشرة الغدة فوق الكلوية وهو عبارة عن عديد الببتيدات البسيطة .

• **هرمون النمو: Growth hormone (GH)**

هرمون يفرزه الفص الأمامي للغدة النخامية ويعمل على تنظيم نمو الإنسان في مراحل تكوينه المختلفة ، ويعمل هذا الهرمون على أنسجة وليس على أعضاء .

• **هرمون النور أدرينالين: Adrenaline hormone**

يفرزه نخاع الغدة الكظرية ويعمل على تهيئة الجسم إلى التغيرات المرافقة لحالات الطوارئ عندما يكون الحيوان في حالة خطر أو غضب .

• **هرمون ١٧- هيدروكسي كورتيكوستيرون: 17-Hydroxy corticosterone**

هرمون تفرزه قشرة الغدة الكظرية (فوق الكلوية) وينظم عمليات التمثيل الغذائي للمواد الكربوهيدراتية وهو من هرمونات الجلوكوكورتيكويدن .

• هضم: Digestion

تغيرات كيميائية معقدة التركيب تحدث للمواد الغذائية في القناة الهضمية وبوجود الإنزيمات الهاضمة ، ونتيجة لذلك تتحول الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر وأبسط يستطيع الجسم امتصاصها .

• هيكل طرفي: Peripheral or appendicular skeleton

يتكون من الطرفين العلويين والطرفين السفليين والحزام الصدري والحزام الحوضي .

• هيكل محوري: Axial skeleton

يتكون من العمود الفقري والقفص الصدري والجمجمة .

• هيم: Heam

مجموعة كيميائية غير بروتينية تحتوي على الحديد وتربط الأكسجين.

• هيموجلوبين: Haemoglobin

صبغة تحتوي على الحديد وتوجد في الكريات الدموية الحمراء للفقاريات ، وتحمل هذه الصبغة الأكسجين وتنقله من مكان إلى آخر .

• هيموجلوبين مؤكسد: Oxyhemoglobin

حالة الهيموجلوبين عند اتحاده بالأكسجين .

• وتر: Tendon

شريط من النسيج الرابط يتكون من ألياف بيضاء قوية غير معرضة للتلف ، ويعمل على تثبيت العضلة المخططة في العظم .

• وحدة ثنائية: Bivalent

يظهر كل كروموسوم مكوناً من كروماتيدين يرتبطان معاً بوساطة السنترومير .

• وحيدة القطب: Unipolar

خلية عصبية لها محور أسطواني واحد .

• ورك: Ischium

أحد ثلاث عظام من العظم عديم الإسم وهو خلفي بطني .

● **وريد: Vein**

وعاء دموي يتجه إلى القلب .

● **وريد أجوف سفلي: Inferior vena cava vein**

وريد يحمل الدم غير المؤكسج من الجذع والجزء الخلفي من الجسم وينتج من التقاء الوريدين الحرقفيين والوريدين الكلويين والأوردة الكبدية ، ويصب في الأذين الأيمن .

● **وريد أجوف علوي: Suberior vena cava vein**

وريد ضخم يحمل الدم غير المؤكسج من الجزء العلوي للجسم إلى الأذين الأيمن ، وهو ينتج عن التقاء الوريدين الودجيين الأيمن والأيسر والوريدين تحت الترقويين الأيمن والأيسر ، ويصب في الأذين الأيمن .

● **وريدان تحت ترقويين أيمن وأيسر: Left and right Subclavian veins**

وريدان يجلبان الدم غير المؤكسج من الطرفين الأماميين .

● **وريدان ودجيان أيمن وأيسر: Left and right Jugular veins**

وريدان يجلبان الدم غير المؤكسج من الرأس والدماغ والعنق .

● **وريد رئوي: Pulmonary vein**

الوريد الذي يحمل الدم المؤكسج من الرئتين إلى القلب ويصب في الأذين الأيسر ، وهي أربعة أوردة ، وريدان من كل رئة .

● **وريد كبدي بابي: Hepatic portal vein**

الوعاء الدموي الرئيس في الدورة البابية وهو يتكون نتيجة التقاء الأوردة الآتية :

مساريقي سفلي و مساريقي علوي ووريد بطني ، ولا يصب الوريد الكبدي البابي في القلب مباشرة إنما يتجه إلى الكبد .

● **وريد كلوي: Renal artery**

يحمل الدم من الكلية بعد فصل البول منه إلى الوريد الأجوف السفلي .

● **وعاء ناقل (الأسهر): Vasdeferens**

وعاء يتصل في نهاية البربخ ويتصل بالإحليل .

- **المراجع العربية :**

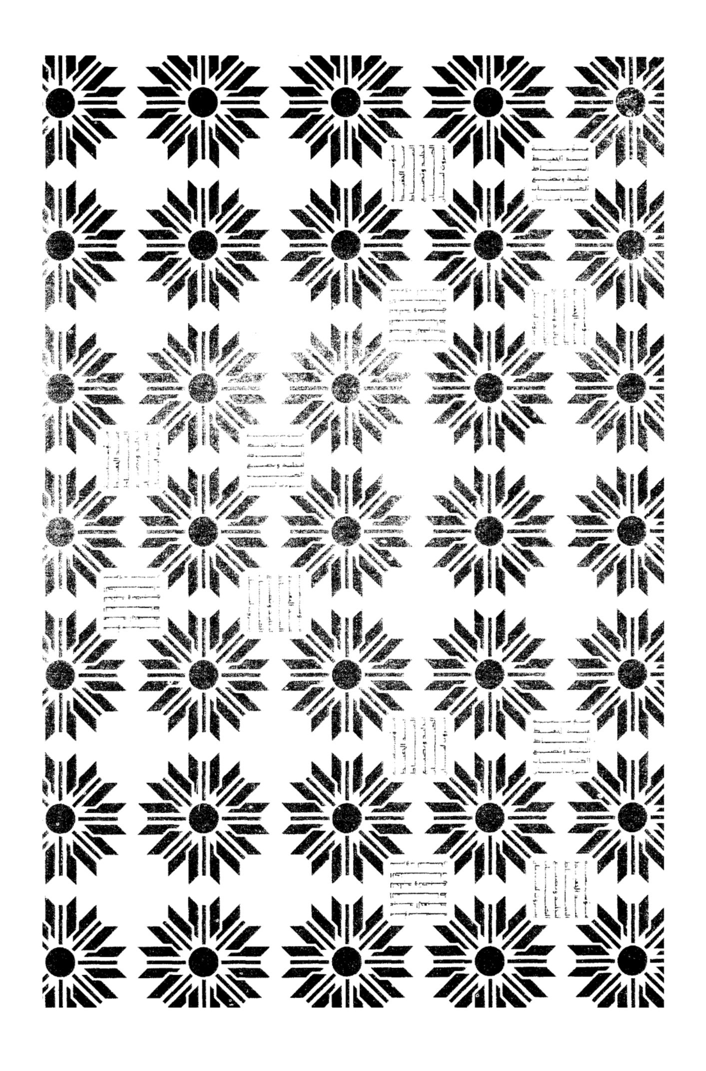
- أبو حرب ؛ محمد نجاح ، بيرقدار ، دمشق : جامعة دمشق ، ١٩٨٩
- البنهاوي ، محمود أحمد ، علم الخلية ، القاهرة : دار المعارف ، ١٩٩١ .
- درخوف ، أليكس ، موسوعة جسم الإنسان . القاهرة : دار الفكر للدراسات ، ١٩٩٣ .
- دلالي ، باسل كامل ، البروتينات . الموصل : جامعة الموصل ، ١٩٨٤ .
- الحبيب ، عمر عبد المجيد محمد ، علم الفسلجة الحيوانية . الموصل : جامعة الموصل ، ١٩٩١ .
- عبد التواب ، فتحي محمّد ، بيولوجيا ووراثة الخلية .القاهرة : الدار العربية للنشر ، ١٩٩١ .
- عبد الحافظ ، سامي ؛ الديسي ، أحمد ، علم الحيوان ، عمان : جامعة القدس المفتوحة ، ١٩٩٢ .
- عزيز جبرائيل ، بايولوجية الخلية . الموصل : جامعة الموصل ، ١٩٩١ .
- عبد الهادي ، عائدة وصفي ، مقدمة في علم الوراثة ، عمان : دار الشروق ، ١٩٩٨ .
- عبد الهادي ، عائدة وصفي ، فسيولوجيا جسم الانسان .عمان : دار الشعب ، ١٩٨٤ .
- عثمان ، أحمد مصطفى ، البيولوجيا الخلوية ، دمشق : جامعة دمشق ، ١٩٩١ .

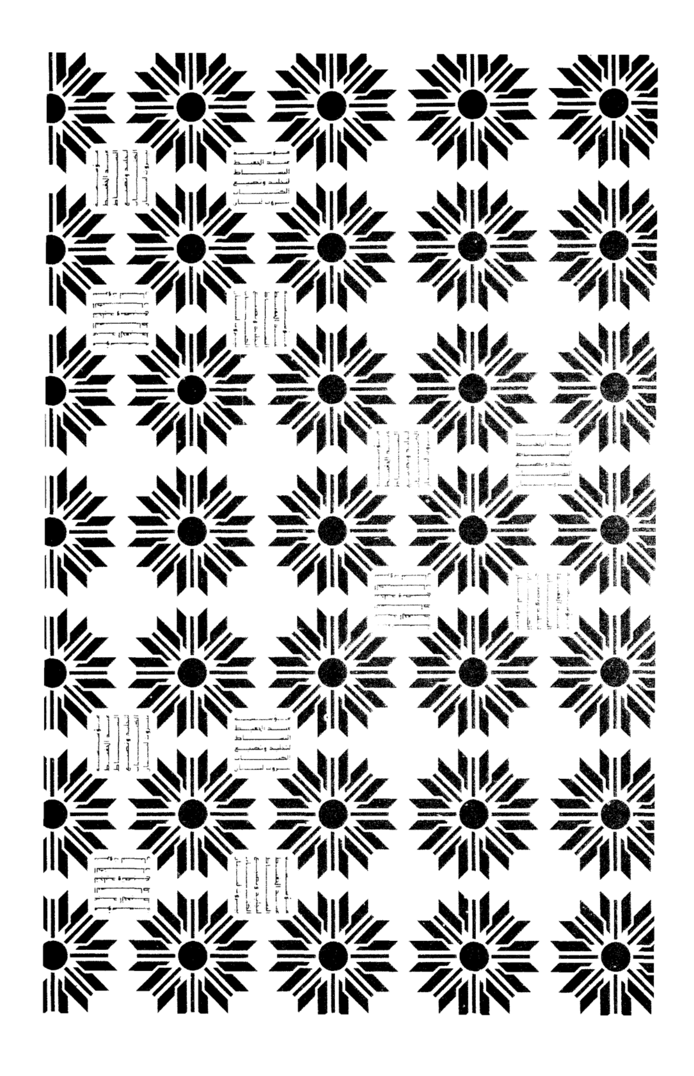
٢- المراجع الأجنبية :

- Arms .Karen; Camp , Pamela S. , Biology, 2 nd ed. Newyork : Sounders College Pub., 1982
-Audesirk, Gerald; Audesirk, Teresa, Biology : Life on Earth, 2 nd ed. New york: Macmilan pub. co . 1989 .
- Becker, Wayne M, Reece, Jane B. Poenie, Martin F, The World of the Cell, 3rd ed. New york: The Benjamin cummings pub. 1996 .
- Begley, David J.; Firth, J.A.; Hoult, J.R.S., Human reproduction and devlopmental biology London: Macmillan, 1980.
- Campbell, Neil A. , Biology. 3 rd ed. Redwood City ; Benjamin, 1993 .
- Fox, S.I., Human Physiology, U.S.A. Wmc Brown pub., 1984.
- Tortora, Gerard J., Principles of Anatomy and Physiology, 8 th ed. New York ; 1996 .
- Hole, John W. Human Anatomy and Physiology, 5 th ed. 1990 .
- Johnson , L.G. ; Johnson, R.L. Essentials of Biology. Dubuque : wmc. Brown pub ,1986 .
- Keeton William T. ;Gould , James L.; Gould Carol, Grant , Biological Science 4th ed. New York : W.W Norton and Company 1986 .
- Kimball, Jhon W. , Biology. 5th ed . London: Addison-Wesley pub. co. 1993.
- Lewis, Ricki, Life: beginning of life , animal life, Dubaque: WCB pub., 1992.
- Mader, Sylivia A. , Biology , 4th ed. Dubuque: WCB, 1993.
- Marieb, Elain , N, Human Antomy and Physiology , 4th ed. Menlo Park: Benjamin/ Cummings Science Pub . 1998.
- Mason , W.H. ; Marshall, N.L, The Human Side of Biology. New York: Harper and Raw Pub., 1983 .
- Prescott , David M., Cells . Boston, Portola Valley : Johnson and Bartlett Pub. 1988.

- Raven , Peter H. ; Johnson George B., Biology , 3rd ed. St. Louis : Mosby Year book, 1992 .
- Reid, Donald, Human Biology . London : Par Books , 1980.
- Sawin, C. T., The Hormons . London ; Little Brown Co., 1989 .
- Sheeler , Philp ; Bianchi, Donald E,Cell and Molecular Biology. 3rd ed ,Redwood city : The Benjamin / Cumming bub, 1991.
- Simpking . J; Williams , J; . Advanced Human Biology. London: Collins Education, 1992.
- Smith, C.A. ; Wood, E.J. Cell Biology. London: Champman and Hall, 1992 .
- Spence, Alexander p. , Basic Human Anatomy, 3rd ed. London: The Benjamin 1991.
- Starr Cecie; Taggart , Ralf, Biology: the Unity Diversity of Life, 5th ed. ,Belmont : Wadsworth Publishing Co. 1989.
- Thibodeau, Gary A. ; Patton, Kevin, T., Anotomy and Physiology , 2nd ed. 1993 .
- Wallance, R.A. Biology, The world of life, 4th ed. Londom: The Scolt, Forseman and Co. 1987.
- Tortora, Gerard J. , Principles of Anatomy and Physiology, 8th ed. ,New York : 1996 .
- Vecker, Wayne M.; Deamer, David W.. The World of the Cell, 2nd ed. Red Wood City: The Benjamin/Cummings pub. 1991.
- Villee C.A.; Solomon, E.p; David P. W., Biology. Philadelphia : Saunders college pub., 1985.

الفهرس




مؤسسة
عبد الحفيظ
البساط
لتجليد وتصنيع
الكتاب
بيروت لبنان

هذا الكتاب

أعد هذا الكتاب ليكون مرجعاً لكل طالب علم في الكليات العلمية سواء أكانت جامعية أم متوسطة. ويشتمل الكتاب على كل ما يتعلق بجسم الإنسان ابتداء من العناصر الضرورية لنموه وتركيب الخلية وانقساماتها والأنسجة الموجودة فيه مصنفة حسب أشكالها. وسوف يدرس طالب العلم ويطلع القارئ على جميع أجهزة جسم الإنسان من خلال الكتاب.

وقد عولجت موضوعات الكتاب بأسلوب تربوي حديث حيث بدأنا الفصل بالأهداف التعليمية الخاصة به، وهذا نمط تعليمي يمكن الطالب من معرفة سير تعلمه خلال دراسته للفصل، فالأهداف عبارة عن محطات يتوقف عندها الطالب ليراجع تعلمه ومدى تمكنه من دراسة المادة وتمثلها بشكل قوي وسليم.

وقد تناول الكتاب أجهزة الجسم المختلفة من ناحية وظيفية وتشريحية، وتم تدعيم المادة العلمية بالرسومات والأشكال التي توضح تركيب كل جهاز والأعضاء المكونه له.

كما تم إدراج المصطلحات باللغتين العربية والإنجليزية في متن المادة التعليمية للفصل حتى تساعد الطالب على مواكبة الكتب العلمية التي تصدر باللغة الإنجليزية وقد تم تجميع هذه المصطلحات في مسرد واحد في نهاية الكتاب حتى تسهل على الطالب مراجعته عند الحاجة.

وقد أوردنا في نهاية كل فصل من فصول الكتاب أسئلة للتقويم الذاتي حتى يختبر الطالب نفسه بنفسه، ويمكنه التأكد من صحة إجاباته بالرجوع إلى إجابات تلك الأسئلة في نهاية الكتاب، كما أوردنا أيضاً أسئلة للمراجعة تساعد الطالب على التأكد من استيعابه للمادة العلمية للفصل استكمالاً لتأكيد تعلمه لها.

وأرجو أن يكون هذا الكتاب لبنة صغيرة في بناء المكتبة العربية، والله الموفق وبه نستعين.

المؤلفة



دار الشروق للنشر والتوزيع - عمان/الاردن - تلفون ٤٦١٨١٩٠ - فاكس ٤٦١٠٠٦٥
دار الشروق للنشر والتوزيع - رام الله - المنارة - فلسطين - تلفاكس ٢٩٦١٦١٤
دار الشروق للنشر والتوزيع - نابلس - جامعة النجاح - تلفون ٢٣٩٨٨٦٢
دار الشروق للنشر والتوزيع - غزة - الرمال الجنوبي - تلفون : ٠٧/٢٨٤٧٠٠٣
E-mail: shorokjo@nol.com.jo
ISBN 9957-00-014-4 ردمك